

1^{er} CONGRESO-TALLER INTERNACIONAL PARA LA NORMALIZACION DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

MEMORIAS

1° Congreso-Taller Internacional para la
Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Academia de Edificación



16 al 19 de febrero de 2005, Tampico, Tamaulipas, México

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Lic. Jesús Lavin Santos del Prado
Rector

Dra. Olga Hernández Limón
Secretaria General

Dr. Marco Aurelio Navarro Leal
Subsecretario Académico

Dr. Assefaw Tewelde Mendhin
Director General de Investigación y Postgrado

Dra. Blanca Idalia Castro Meza
Coordinadora de Postgrado

Lic. Genaro Aguirre Cavazos
Abogado General del C.U. Tampico - Madero

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

Arq. Eduardo Gali Leal M.A.
Director

Arq. Laura Eugenia Padilla Castillo ME
Secretaria Académica

Arq. Eduardo Arvizu Sánchez MV
Secretario Administrativo

Arq. Andrés González González MV
Secretario Técnico

Arq. Patricia Escobar Ochoa MDI
Jefa de la División de Postgrado y Educación Continua

RESPONSABLE y COPILADOR DE LA PUBLICACIÓN

**MEMORIAS DEL 1° CONGRESO – TALLER
PARA LA NORMALIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA
DE TIERRA**

Tampico, Tamaulipas, México

Dr. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez
Jefe de la Academia de Edificación
Líder del Cuerpos Académico de Vivienda y Modelos
Contractivos
Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Diseño de las memorias

LDG Gabriela Guadalupe Gil Balderas

Diseño Logotipo del Congreso

LDG Salvador Trejo Meraz

Publicación financiada por:

Fondos Mixtos CONACYT – Tamaulipas

Nota:

Los artículos publicados expresan el punto de vista de sus autores y no reflejan necesariamente el de la institución organizadora del evento.

MENSAJE

Para la Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, el esfuerzo representado en la presente compilación de trabajos de investigación, representa una satisfacción especial.

La búsqueda de la mejora del hábitat humano, que no solo considera los insumos de confort, sino que éste sea desarrollado bajo normas de sustentabilidad, son las definiciones de ésta nueva frontera del conocimiento.

El esfuerzo y coordinación de la Academia de Edificación de ésta Unidad Académica, ha logrado bajo la jefatura del Dr. Rubén Roux, conciliar éste importante proyecto, que se suma al camino discursivo de trabajo que pretende mantener actualizado su propio campo académico.

Estamos seguros que éste 1er. Congreso Taller Internacional Para La Normalización De Arquitectura De Tierra, que sobre el adobe y su tecnología ha sido implementado, iniciará convenientemente una apertura sobre el cómo coordinar y conjuntar el conocimiento que, cuando se busca para autentificar nuestra relación con el entorno, se torna noble y conveniente.

Arq. Eduardo Gali Leal, M en A.
Director.

PROLOGO.

En un mundo donde cada día existe más la necesidad de vivienda, en donde los costos de edificación se incrementan día a día, en donde la globalización ha hecho que los materiales utilizados no sean los adecuados. Surge la alternativa de construir con tierra, técnica milenaria que a pasado de generación en generación, que presenta una alternativa sustentable y económica de construcción, pero que no compite como otros tipos de procesos constructivos actuales, por no contar con las normas necesarias que la validen.

Es por eso que la Universidad Autónoma de Tamaulipas, visionaria en el área de la arquitectura, se ha abocado a realizar un evento que permita presentar un anteproyecto de norma oficial para la arquitectura de tierra que de origen a normas oficiales de construcción con tierra, las cuales se pretenden que abarque tanto la producción de materiales de tierra como los procesos constructivos para cimentaciones, muros, techos y recubrimientos adecuados para esta técnica alternativa.

Con la compilación de las ponencias presentadas y editadas en el presente documento, se pretende poder poner la primera piedra que sirva de base para la creación del proyecto de normas de construcción con tierra y de esta manera ofrecer una alternativa a tantas personas que en México, en Iberoamérica y en le mundo están carentes de una vivienda digna, así mismo contribuir a la utilización de técnicas sustentables de construcción.

Dr. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez
Jefe de la Academia de Edificación
Líder del Cuerpo Académico de Vivienda
y Modelos Constructivos



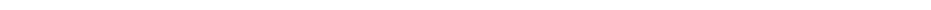
INDICE

DIRECTORIO

MENSAJE

PROLOGO

LA NORMALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO Franco M. Bucio Mújica*	1
REFLEXIONES SOBRE LA NORMATIVIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES DE ADOBE Marcial Blondet , Julio Vargas , Nicola Tarque	15
NORMALIZACION DE LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN LA ARGENTINA. Marco General Vigente - Propuestas y Directrices Futuras Rafael F. Mellace , Rodolfo Rotondaro	41
LA CAPACITACION COMO UNA FORMA MÁS DE NORMALIZAR Y COLECTIVIZAR LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Lucia Esperanza Garzón C.	55
A IMPORTÂNCIA DE NORMAS TÉCNICAS NO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA Célia Neves	61
ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL URUGUAY Arq. Rosario Etchebarne	69
CONSIDERACIONES TIPOLOGICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS DE TIERRA. Luis Fernando Guerrero Baca	73
INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL DE NORMATIVA PARA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Carmen Jiménez Delgado , Ignacio Cañas Guerreo	85
SITUACION DE LA NORMATIVIDAD PARA LA SELECCIÓN DE SUELOS EN CONSTRUCCION CON TIERRA EN MEXICO Arq. Yolanda Aranda Jiménez M.A.C., Dr. Ing. Gerardo Sánchez Torres	107
IDEAS SOBRE LA NORMALIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA: DEL IDEALISMO A LA PUESTA EN PRÁCTICA DE CALIDAD Y SUPERVISIÓN DE LA EDIFICACIÓN. Arq. José Adán Espuna Mújica MES.	115
CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Ligia María Vélez Moreno	125
TABIQUE DE TIERRA SIN COCCIÓN Arq. Jesús Velázquez Lozano	133
UTILIZACIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO COMO REFUERZO DE BLOQUES DE SUELO COMPRIMIDOS Dr. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez	139
TIERRA = SUELO Ing E. Rafael Benavides Osorio	147



1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



LA NORMALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO

Franco M. Bucio Mújica*

La normalización es un proceso por el cual se unifican criterios respecto a determinadas materias y para la utilización de un lenguaje común en un campo de actividad concreto, es un pacto plasmado en un documento técnico –la norma-, mediante el cual los fabricantes, los proveedores, los trabajadores, los consumidores, los usuarios y la administración acuerdan las características técnicas que deberá reunir una persona, un producto, un proceso, un sistema, o un servicio.

En las normas, dada la diversidad de materias sobre las que pueden versar y el campo que pretendan especificar, pueden constar de: definiciones y terminología; especificaciones, requisitos o características; medidas, dimensiones y tolerancias; medios de verificación, evaluación, ensayo y análisis; símbolos gráficos, unidades y equivalencias; especificaciones sobre métodos, procesos productivos, rendimientos y habilidades; recomendaciones para sistemas de gestión y aseguramiento de la calidad; reglas de diseño y proyecto; procedimientos de ejecución, montaje, etc.

Las normas establecen un *criterio objetivo* que debe tener un producto, proceso, sistema, persona o servicio; definen la seguridad, durabilidad, habilidad, fiabilidad, mantenimiento e intercambiabilidad. Al fijar los *niveles de calidad y seguridad* se convierten en un medio óptimo para facilitar la transparencia en el mercado, lo cual es fundamental a la hora de competir.

Las normas ofrecen importantes ventajas para los fabricantes y proveedores: reducen las variedades y tipos de productos; disminuyen los inventarios y los costos de producción; mejoran la gestión y el diseño;

contribuyen a la eliminación de las barreras técnicas al comercio; identifican al personal idóneo; facilitan la comercialización; agilizan el procesamiento de los pedidos.

Para los consumidores significan: el conocimiento de los niveles de calidad y/o seguridad de los bienes y servicios que adquieren; las prestaciones y las características; la comparación entre diferentes ofertas; la agilización de las contrataciones, compras y pedidos; la importancia del etiquetado y el embalaje.

A la administración le significan una serie de documentos técnicos que facilitan la legislación con referencia a normas, así mismo, se beneficia de las ventajas de las normas y sus especificaciones en su condición de gran consumidor.

Para la industria de la construcción existe un gran número de normas enfocadas principalmente a los productos, a los métodos de prueba en laboratorio y para la coordinación modular; en el área de servicios se cuenta con el primer proyecto de norma mexicana relativo a la supervisión y verificación de vivienda.

Éstos sólo son una muestra de los productos, con sus respectivos métodos de prueba, que actualmente tienen su norma: el cemento, la cal hidratada, el concreto y sus aditivos; los tabiques, bloques y tabicones; los paneles para uso estructural; los paneles de yeso; las pinturas acrílicas y ciertos impermeabilizantes; los muebles de baño, los tinacos, las fosas sépticas; las válvulas para agua y los fluxómetros; los aceros estructurales, las viguetas, las bovedillas y los adocretos; los vidrios; los elevadores; las ventanas y las puertas; las losetas, los zoclos, los azulejos y sus adhesivos; los perfiles de aluminio; las tuberías para instalaciones hidrosanitarias; y, los productos eléctricos.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



* Arquitecto egresado de la UNAM, Director Responsable de Obra, Corresponsable en Desarrollo Urbano y Arquitectura y Perito en Desarrollo Urbano en el Distrito Federal, también funge como Perito en Arquitectura en los Tribunales del D. F. y como Perito en Arquitectura y de Evaluación de Procedimientos Constructivos en los Tribunales Federales; de 1980 a 1994 coordinó actividades normativas de la vivienda en la SEDESOL; ha dirigido diversos proyectos para condominios de vivienda y de oficinas. Es conferenciante y consultor de temas relacionados con la tecnología, la calidad y la optimización de recursos en la construcción. Actualmente es Director del ONNCCCE.

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.

Teléfonos: (0155) 5273 1991 y 5273 3399, Fax. (0155) 52 73 34 31.
onnccce@mail.onnccce.org.mx www.onnccce.org.mx



Los proyectistas, los constructores, los supervisores, los directores responsables de obra y los ejecutores o licitadores de obra pública no pueden soslayar la responsabilidad de utilizar productos que cumplan con las normas y de exigir a sus proveedores las evidencias correspondientes; con su profesionalismo se promoverá que los restantes bienes y servicios cuenten con su propia norma a fin de contribuir a la calidad final de las obras.

Normas vs. especificaciones

En forma recurrente mencionamos a las especificaciones y a las normas de calidad (las que se refieren a los aspectos cualitativos de los bienes y servicios); en el Proyecto Ejecutivo son términos ineludibles, pero también se mencionan en algunas legislaciones y las solicitan los organismos financieros de vivienda, pero, ¿realmente a qué se refieren?, ¿son las mismas?, ¿quién las establece?...

Los reglamentos de construcción o las leyes de obra pública locales, si bien reiteran su cumplimiento, no las definen, lo que ocasiona que en algunos proyectos ejecutivos que se utilizan en licitaciones o que se presentan para el trámite de licencia de construcción, no las incluyan o

estén incompletas; más grave aún es la subjetividad en su interpretación por los distintos agentes que intervienen en una obra.

Mencionemos un ejemplo: el proyecto indica que se utilicen en los muros de carga bloques de concreto con una determinada resistencia a la compresión y con ciertas características dimensionales. El constructor compra tabicones, que si bien son de concreto, tienen una resistencia inferior a la especificada y tienen un peso superior al que consideró el estructurista lo que afecta a la estructura; presentan otras dimensiones, lo que modifica el despiece y el proyecto arquitectónico. Podemos continuar: el residente no solicita pruebas de laboratorio y lo autoriza, el supervisor no lo detecta; las juntas de mortero no estaban especificadas, lo que también reduce la capacidad de carga del muro; si añadimos que el muro será recubierto, el cliente nunca lo sabrá y seguramente aparecerán fisuras y grietas, mismas que el Perito podría pensar que se derivan de un "asentamiento".

Afortunadamente tenemos algún punto de partida, la Ley (federal) de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas menciona ambos conceptos

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



“Especificaciones generales de construcción: el conjunto de condiciones generales que las dependencias y entidades tienen establecidas para la ejecución de obras, incluyendo las que deben aplicarse para la realización de estudios, proyectos, ejecución, equipamiento, puesta en servicio, mantenimiento y supervisión, que comprenden la forma de medición y la base de pago de los conceptos de trabajo” y agrega “Especificaciones particulares de construcción: el conjunto de requisitos exigidos por las dependencias y entidades para la realización de cada obra, mismas que modifican, adicionan o sustituyen a las especificaciones generales”; y define a las normas de calidad como “los requisitos mínimos que, conforme a las especificaciones generales y particulares de construcción, las dependencias y entidades establecen para asegurar que los materiales y equipos de instalación permanente que se utilizan en cada obra, son los adecuados”.

Por su parte, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización reconoce dos tipos de normas, *“Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado”* y *“Norma oficial mexicana: la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias ... que establece reglas,*

especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación”.

Si realmente entendemos estos conceptos y los aplicamos adecuadamente nos evitaremos muchos dolores de cabeza.

LA IMAGEN DE LA OBRA

Los términos de normas, especificaciones y proyecto ejecutivo causan todavía confusión, las definiciones de carácter legal no ayudan mucho, pero si el propósito de tomarlos en consideración se relaciona con la calidad de las obras, entonces propongo resumir estos conceptos y asegurarnos de su utilidad:

El **Proyecto Ejecutivo** como el “conjunto de documentos que hacen posible la construcción de una obra y que son aprobados por el propietario o quien lo sustituya; por el Director Responsable de Obra y, en su caso, por los Corresponsables; y, por la autoridad correspondiente que emite el permiso”. Entre estos documentos se encuentran los planos, las memorias y los cálculos.

Las **Especificaciones de Construcción** como “el conjunto de instrucciones que complementan al Proyecto Ejecutivo para la correcta ejecución de las obras; incluye entre otras, las correspondientes a la selección, aplicación o instalación de los materiales, productos, equipos y mobiliario fijo, así como las indicaciones relativas a los procedimientos constructivos elegidos

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



y la puesta en servicio; pueden comprender el mantenimiento y la supervisión así como la forma de medición y la base de pago de los conceptos de trabajo”. Para las obras federales se consideran “generales” aquellas que aplican para varios tipos de obra y “particulares” las que aplican a una obra o sistema constructivo específico y que pueden sustituir a las generales.

Las **Normas de Calidad** en la construcción como “aquellas que se indican en el Proyecto Ejecutivo para asegurar que los materiales, productos, equipos y mobiliario que se utilizan en cada obra, son los adecuados”. De acuerdo a nuestro marco jurídico las hay de dos tipos: las NMX (Normas Mexicanas) de carácter voluntario pero obligatorias contractualmente, emitidas por los Organismos Nacionales de Normalización o por la Secretaría de Economía y las NRF (Normas de Referencia) que son emitidas por algunas Paraestatales (PEMEX, CFE) para ciertos bienes o servicios que sólo ellas consumen y que se obligan a través de las licitaciones.

Las **Normas Obligatorias NOM** (Normas Oficiales Mexicanas) como las “regulaciones técnicas de carácter obligatorio emitidas por las dependencias federales que deben ser consideradas para la elaboración del proyecto ejecutivo”, evidenciando su cumplimiento a través de certificados o dictámenes.

En otras palabras: el proyecto ejecutivo es el **Qué** -vamos a construir-, las normas equivalen a **Con Qué** -vamos a construir- y las especificaciones son el **Cómo** -vamos a construir-.

Para aterrizar estos conceptos, imaginemos la edificación de un hospital público: El proyecto ejecutivo

contiene la imagen de lo que se pretende construir en planos, indica los materiales y los procedimientos de construcción seleccionados y refiere las normas (de calidad) que deben satisfacer los productos a utilizar; las especificaciones proporcionadas por la institución indican las normas (de calidad) para la comprobación de las características de los productos, las instrucciones para la colocación o fijación de estos productos así como las relativas a las técnicas constructivas, en éste caso sí se incluye las correspondientes a la supervisión, a la forma de medición y a la base de pago de los conceptos de trabajo.

El responsable del proyecto del hospital tiene que observar el cumplimiento de varias NOM aplicables (ahorro de energía, rayos x, entre otras), también debe conocer las especificaciones generales y las particulares que establezca la dependencia, su omisión causaría contratiempos y costos adicionales; la dependencia contratante debe conocer el proyecto a fin de hacer coherentes las especificaciones a su cargo, de lo contrario, puede contraponer las instrucciones (p. ej., guías para las instalaciones especiales), afectando los rendimientos y la modularidad considerados por el constructor.

LOS MATERIALES DE CALIDAD

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) concede gran relevancia a las normas de los materiales de construcción, al solicitar que el Director Responsable de Obra (DRO) se asegure que *“La resistencia, calidad y características de los materiales empleados en la construcción, serán las que se señalen en las especificaciones de diseño y los*

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



planos constructivos registrados, y deben satisfacer las Normas de este Reglamento, y las Normas Oficiales Mexicanas o Normas Mexicanas”, y el mismo reglamento establece que “Cuando se proyecte utilizar en una construcción algún material nuevo del cual no existan Normas o Normas Oficiales Mexicanas o Normas Mexicanas, el Director Responsable de Obra debe solicitar la aprobación previa de la Secretaría de Obras y Servicios para lo cual presentará los resultados de las pruebas de verificación de calidad de dicho material”.

Lo relevante de estas obligaciones hacia el DRO, también llamado Perito de Obra, es que la autoridad local ¡lo convierte en el control de la calidad de los materiales de construcción! Sin embargo, los profesionales que realizan el proyecto ejecutivo o que dirigen o vigilan la obra, así como la propia autoridad le restan importancia a este hecho en detrimento de la obra misma... lo que deriva probablemente del desconocimiento de los estándares y de su utilidad como instrumentos para exigir calidad a los proveedores.

Las normas son el lenguaje del comercio, en ellas se encuentra la información que interesa al consumidor, llámese proyectista, constructor, desarrollador, supervisor o DRO; al hacer referencia a ellas, se delega “el control de la calidad de los materiales” a los proveedores. También son de suma importancia cuando son utilizadas para verificar a los insumos, tales como: concretos, cementantes, bloques, aceros, viguetas, impermeabilizantes, paneles, pinturas, losetas, inodoros, etcétera.

Los estándares le permiten al profesional conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, las tolerancias en las dimensiones de

los elementos estructurales, así como los requisitos de fijación o izaje, entre otros. Para el proveedor, demostrar su cumplimiento, disminuye la responsabilidad que los reglamentos de construcción le asignan al DRO y le amplía la perspectiva de venta. Por ello, la certificación se convierte en la forma más expedita, económica y confiable para demostrar la conformidad con las normas.

LA VIVIENDA ECONÓMICA

El programa de vivienda que promueve el gobierno federal se enfoca prioritariamente a aquella que no rebase los 150 mil pesos, lo que conlleva el gran reto de una edificación de calidad pese a los inconvenientes financieros, de falta de tierra y a las limitaciones propias de las empresas emergentes que aprovechan esta oportunidad.

En materia de vivienda, quienes opinan son representantes de los desarrolladores o de las instituciones financieras o gubernamentales, pero, ¿qué piensan los moradores? Una familia que estrena una casa o un departamento espera que sea de calidad, es decir, que sea: **seguro, habitable, durable, bien ubicado y bien comunicado**; parámetros aparentemente subjetivos que se deben llevar al plano de lo cuantitativo:

Seguridad de la vivienda ante los fenómenos naturales, para ello se cuenta con diversas disposiciones en los reglamentos de construcción, particularmente en los capítulos de diseño estructural; las NOM establecen también disposiciones relacionadas con las instalaciones eléctricas, el ahorro energético y la hermeticidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario; por su parte, las NMX proporcionan las

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



especificaciones mínimas que los insumos de la construcción deben satisfacer, principalmente aquellos relacionados con la estructura y las instalaciones. Tampoco debemos de olvidar la seguridad contractual establecida en códigos y leyes.

La **Habitabilidad** se integra, al menos, de aspectos relacionados con el diseño de los espacios arquitectónicos; la iluminación y la ventilación de los mismos; los servicios e instalaciones que les otorgan funcionalidad, todos ellos presentes en la mayoría de los reglamentos de construcción.

La **durabilidad** de las viviendas es fundamental, no sólo para los futuros moradores, sino para los organismos e instituciones financieros. Proporcionar una vida útil de al menos 50 años se logra, entre otras medidas, con la selección y especificación de insumos de calidad que demuestren cumplir con las NMX, con la utilización de personal calificado en las técnicas constructivas seleccionadas y con el mantenimiento adecuado descrito en los manuales de operación.

La **ubicación** de los conjuntos y de los fraccionamientos habitacionales es de particular relevancia, toda vez que la selección del sitio, el cumplimiento de los requerimientos de uso del suelo, combinados con la densidad adecuada, proporcionarán desarrollos agradables que coadyuven a incrementar el nivel de vida de sus moradores. Estos parámetros, al menos en los centros de población importantes, se encuentran establecidos en los planes y programas de desarrollo urbano; a falta de ellos conviene referir a la literatura nacional e internacional.

La **comunicación** de los asentamientos con los centros de trabajo, de abastecimiento y de

educación, sin perder de vista en el diseño de los mismos la infraestructura que permita allegarles los servicios de telefonía, transporte, vigilancia y limpieza, entre otros, debe ser materia de un cuidadoso análisis socioeconómico conjuntamente con las autoridades locales, mismas que establecen disposiciones al respecto.

La grave responsabilidad de dotar de calidad a los nuevos desarrollos habitacionales me parece que pertenece al proyectista, quien debiera involucrarse desde la selección del predio, lo que le obligaría a conocer e incorporar la normatividad aquí esbozada, que permita la elaboración de un Proyecto Ejecutivo que propicie la entrega de viviendas de calidad.

MEDICIÓN DE LA CALIDAD

En nuestra industria es común que los servicios se ofrezcan acompañados del presupuesto correspondiente, pero no así de los alcances específicos de calidad; en el mejor de los casos se argumenta que “se tiene mucha experiencia” o “se cuenta con varios años en el mercado”. Adicionalmente, no se consolida el compromiso en un contrato, sólo en el presupuesto que no es signado por las dos partes. En el ámbito del sector público se exigen garantías de cumplimiento como pueden ser las fianzas, pero se omiten las correspondientes a la calidad.

Lo anterior ha motivado que la sociedad no confíe plenamente en los actores de esta industria, considerando como un riesgo la contratación de una obra, con todos los servicios que le son inherentes. Entre las muchas razones que motivan esta actitud señalo sólo algunas:

La mayoría de los actores se apoya únicamente en los reglamentos de construcción, olvidando que no

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



regulan las características de los materiales e insumos de la construcción y tampoco las responsabilidades de los diversos oferentes de servicios, exceptuando a los peritos o DRO; estas regulaciones los obligan a vigilar que se utilicen productos que cuenten con normas de calidad y, en su caso, a presentar las pruebas que garanticen el desempeño de nuevos productos o sistemas constructivos, condiciones que no se cumplen. Las asociaciones de profesionistas y de empresarios no cuentan con padrones de oferentes de servicios confiables y no utilizan procedimientos de conocimiento público en la evaluación de sus afiliados. Los servicios como el proyecto, la supervisión, el control de calidad, la valuación o la responsiva, entre otros, no son exclusivos de una profesión en particular, por lo que se consideran servicios horizontales para los cuales no se cuenta con criterios de calificación o certificación horizontales. La mayoría de las empresas y de los profesionistas no tienen sistematizados sus procesos y, quienes cuentan con alguna certificación de su sistema de calidad, no lo extienden al proyecto y a la ejecución misma. Los limitados programas académicos o de capacitación no se encuentran actualizados en el contexto globalizado de mercado. En la mayoría de los casos, las especificaciones de construcción no refieren al uso de servicios, materiales, productos o sistemas constructivos normalizados o evaluados. Sólo en algunos desarrollos de vivienda se entregan a los beneficiarios manuales de operación y mantenimiento, pero lamentablemente carecen de información relacionada con la calidad de los bienes y servicios utilizados o por utilizar; en otro tipo de

edificaciones brillan por su ausencia. No existen normas nacionales que procuren la protección y la seguridad a los usuarios de edificaciones consideradas como productos terminados. Existen algunas NMX's de productos de la construcción relacionados con la estructura e instalaciones, sin embargo, muy pocos proveedores ofrecen evidencias de su cumplimiento. Desde 1992 existe obligación para las dependencias federales de utilizar bienes y servicios que cumplan con NOM's o NMX's o normas internacionales, sin embargo, esta obligación aún no se cumple.

Lo anterior incide directamente en la disminución de la confianza de la sociedad y en la medición objetiva de la calidad.

MARCO JURÍDICO

Este año se cumplirán 13 años de que nuestro país cuenta con un marco jurídico en materia de metrología y normalización adecuado a la globalización de mercados. Como recordamos, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) que se emitió en julio de 1992, considera a la normalización en su más amplia acepción, por lo que también contempla disposiciones relacionadas con la evaluación de la conformidad con normas.

Entre sus propósitos destaca el fomento a la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas (NOM), regulaciones técnicas obligatorias, y de las normas mexicanas (NMX), normas voluntarias o contractuales, así como el establecimiento de un Sistema Nacional de Acreditamiento de organismos de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba y de calibración.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



En estos 12 años hemos sido testigos de la apertura que las dependencias federales han tenido desde la programación de los temas a normar así como de su preocupación en transparentar la elaboración, consulta y emisión de las NOM's; de igual forma, la presencia de la Secretaría de Economía en los diversos comités de normalización ha contribuido a fortalecer a las NOM's y a las NMX's ante las demás dependencias y entidades estatales y municipales, quienes en forma todavía incipiente las referencian en sus NOM's y en sus reglamentos técnicos (ej. RCDF). Otros por desconocimiento y falta de actualización, siguen haciendo referencia a códigos extranjeros o normas de asociación que no se consideran en nuestra legislación como normas internacionales.

Esta apertura ha estimulado la colaboración de la sociedad civil, de la academia, de las universidades, de los comerciantes y en general de los interesados en las actividades tendientes a la actualización de la normalización, obligatoria y voluntaria, en aras de contar con las herramientas que nos permitan competir en los mercados globalizados.

Pero debemos reconocer que estos avances distan mucho de la cultura que sobre la calidad se tiene en los países con los que tenemos tratados comerciales, situación que se magnifica debido a que en nuestra industria de la construcción, donde la participación de los diversos actores se da a cuentagotas.

Algunas dependencias de los tres niveles de gobierno todavía asumen que la autoridad se ejerce al fijar unilateralmente las reglas de certificación o de verificación, al no utilizar NOM's o NMX's como lo

indican las leyes de adquisiciones o de obras públicas, o al no participar en la elaboración de las normas que eventualmente utilicen como referencia en sus propias regulaciones o licitaciones.

En el caso federal, probablemente algunas dependencias consideren que los conceptos de acreditación y de evaluación de la conformidad, establecidos con claridad en la ley de la materia, no les aplica, olvidando que este marco jurídico es de observancia obligatoria para todas las instancias del Ejecutivo Federal del cual forman parte.

En el ámbito federal tenemos avances importantes, en enero del 2000 se publicó la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas y la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público; en estas legislaciones se dispone que la verificación de las obras, las contrataciones de los servicios y las adquisiciones a cargo del sector público se efectuará de conformidad con lo dispuesto en la ley federal sobre metrología y normalización.

A nivel municipal, las legislaciones sobre estas materias todavía no contemplan a las normas como instrumentos para evidenciar la calidad, por lo que este vacío provoca que no se utilicen a las NMX para tales efectos.

Con lo anterior, apreciamos que la falta de difusión a la sociedad y a las instancias gubernamentales de los instrumentos al alcance de los clientes para identificar la calidad por parte de los suministradores de bienes y servicios contribuye notablemente a no beneficiarse de la normalización.

Para ser reconocidos y productivos en un mercado altamente competido y con exigencias de calidad,

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



ya bien por los inversionistas extranjeros, ya por los clientes sensibilizados, ya por los requisitos de durabilidad de los bienes muebles e inmuebles, es necesaria una nueva actitud proactiva de los actores que coadyuvan en las tareas de normalización.

Esta nueva actitud debiera identificar a la autorregulación como el camino a seguir en lugar de la regulación obligatoria que hoy vivimos.

Normalización voluntaria

La LFMN dispone que serán los Organismos Nacionales de Normalización, personas morales acreditadas y autofinanciables, los encargados del desarrollo de las NOM's, pero no olvidemos que estos Organismos no elaboran por sí mismos las normas, son los conductos que las diferentes industrias consolidan para garantizar la participación de productores y distribuidores; prestadores de servicios, profesionistas, constructores, investigadores, comerciantes, consumidores y dependencias gubernamentales con los temas a normar.

Por ello, exhortamos a los industriales y a los oferentes de servicios a invertir en la normalización voluntaria, actividad que aún no es autofinanciable, toda vez que son ellos los primeros beneficiarios al ampliar y consolidar sus mercados.

Los primeros pasos en la rama de la edificación y la construcción para cimentar esta nueva actitud fueron dados por 16 organizaciones representativas de esta industria al constituir en 1994 al Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (ONNCCE), para

proporcionar los servicios de normalización voluntaria y verificación y certificación oficial y voluntaria de los materiales, productos, procesos, sistemas, métodos, instalaciones, personas, servicios o actividades que se utilizan o desenvuelven en este importante sector industrial.

La normalización que ha iniciado el ONNCCE se enfoca a proporcionar los elementos para que nuestro producto final, el edificio o las obras de infraestructura, involucren en todo su desarrollo insumos, personas y servicios que evidencien su calidad y que en el proceso integral sistematicen las buenas prácticas de manufactura.

Normalización obligatoria

Las NOM's que se relacionan con esta industria son las que se enfocan a las instalaciones eléctricas y de gas, a la eficiencia energética, a la iluminación y la ventilación, a la emisión y control de contaminantes, así como a las características de protección contra incendio y seguridad laboral. La evidencia de cumplimiento se debe presentar a las autoridades federales que para tal efecto han acreditado a personas físicas como Unidades de Verificación y a Organismos de Certificación en los términos de la ley de la materia. Las principales dependencias involucradas en las regulaciones obligatorias (NOM) son las Secretarías de: Economía; Salud; Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca; Energía; Desarrollo Social; y, del Trabajo y Previsión Social.

De esta forma, existen materiales y productos, así como procedimientos constructivos y servicios que se utilizan en las edificaciones y en las obras de infraestructura que deben satisfacer también normas obligatorias, de

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



cobertura nacional, cuya responsabilidad recae en el Director Responsable de Obra y/o Corresponsables de acuerdo a los reglamentos de construcción para el primer caso, y, en las dependencias encargadas de las obras públicas de infraestructura para el segundo caso; sin embargo, no olvidemos que el primer responsable de su cumplimiento es el proyectista, profesional al cual se le confía el proyecto integral de la fabricación de una nueva obra de arquitectura o de ingeniería.

CERTIFICACIÓN

En esta globalización de mercados, donde el comercio de productos y de servicios, se presenta entre países o grupos de países, los compradores cuentan con una amplia oferta por lo que los proveedores deben demostrar plenamente la confiabilidad de lo que ofrecen; el cliente que compra al menudeo le interesa preferentemente que lo que adquiere cumple con las especificaciones particulares, los compradores de grandes volúmenes les interesa además que los productos o servicios que les serán suministrados en el futuro serán iguales a los que compran en el momento de cierre de la operación.

Para el primer caso, los usuarios estarían satisfechos con el CERTIFICADO DE PRODUCTO; para el segundo caso, también es necesario el CERTIFICADO DE SU SISTEMA DE LA CALIDAD.

Certificación de productos

Para ofrecer los servicios de certificación de normas voluntarias, el ONNCCE ha invitado a cinco representantes de los diversos actores

de nuestra industria a conformar el Comité Técnico de Certificación, como la instancia que diseña y aprueba los Procedimientos de Certificación que aplica el ONNCCE, así como la atención sobre las inconformidades o sugerencias que presenten los interesados. Este Comité está integrado por representantes del INFONAVIT, la CANACEM, la CNEC, la Facultad de Arquitectura de la UNAM y del Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Pero también estamos comprometidos con la certificación de NOM's, para ello, el Consejo Técnico del ONNCCE constituido por más de 50 vocales representantes de todos los sectores interesados, es el encargado de elaborar los criterios de certificación y de vigilar y orientar las actividades de normalización y de evaluación de la conformidad como organismo de tercera parte.

El ONNCCE se encuentra acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) para certificar diversos Productos, entre ellos: fluxómetros, aislantes térmicos, flexómetros y gatos hidráulicos; paneles para uso estructural, anillos de hule para tuberías de concreto y fibrocemento, tubos para alcantarillado de concreto simple y reforzado, concreto hidráulico, cal hidráulica, cal hidratada, vigueta y bovedilla, bloques de concreto, bloques de arcilla y bloques, tabiques y tabicones para uso estructural y cemento hidráulico y tinacos, entre otros.

Certificación de servicios

En lo que a certificación de servicios se refiere, actualmente nos encontramos en una explosión de "certificación", la gran mayoría realizada por cámaras empresariales,

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



colegios de profesionistas y otras asociaciones, aparentemente con la ventaja de ofrecer calidad, sin embargo, la mayoría lo realiza para obtener ingresos económicos o para satisfacer requisitos administrativos, acciones realizadas en base a criterios unilaterales que difícilmente otorgan valor agregado a las personas certificadas, lo que se agudiza cuando estas innumerables instituciones tienen muy diversos criterios para la evaluación y calificación de los interesados.

Es por ello que el ONNCCE tiene especial cuidado en que la certificación de personas y empresas que proporcionen servicios para la construcción se realice en el marco de la LFMN, con base a las normas que previamente se aprueben y a los procedimientos plasmados en los Procedimientos de Certificación que apruebe nuestro Comité Técnico de Certificación, así como en la evaluación de los especialistas capacitados que propongan las propias instituciones interesadas.

Certificación de sistemas de gestión de la calidad

Las empresas y personas oferentes de bienes y servicios en la industria de la construcción y edificación que presentan en un gran porcentaje atraso tecnológico, recursos humanos poco preparados y un acervo normativo deficiente, no pueden garantizar en el corto plazo el cumplimiento de todas las especificaciones particulares aplicables; es por ello que la prudencia dicta que primero nos enfoquemos a identificar los rubros necesarios para implantar un sistema de la calidad y jerarquizar su importancia en la calidad de los bienes y servicios que

proporcionamos a fin de complementar lo estipulado en las normas de la ISO en su serie 9000. Consideramos que un buen inicio es evidenciar la conformidad con las normas de productos, personas y servicios.

El ONNCCE involucra paulatinamente en las empresas y personas de nuestro sector los conceptos de aseguramiento de la calidad, para tal efecto, se han identificado los rubros que inciden principalmente en las líneas de producción o en el proceso de diseño, incorporándolos en los procedimientos de la evaluación de la conformidad a cargo del organismo. Una vez cimentado estas bases las empresas también pueden optar por certificar sus sistemas de calidad.

Para ello el ONNCCE, como organismo que promueve la calidad integral en la rama de la construcción y edificación, no debe desatender la justa demanda de ofrecer el servicio de certificación de sistemas de gestión de la calidad, por lo que también se encuentra acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) para certificar Sistemas de Gestión de la Calidad, lo que permite otorgar un valor agregado a los proveedores de bienes y servicios a fin de proporcionar a la sociedad un único registro de empresas y profesionales de diversas disciplinas que ofrecen servicios confiables a nuestra industria.

HACIA EL FUTURO

Las normas, como lenguaje internacional del comercio, establecen los parámetros de comportamiento y desempeño que le interesan al usuario; requisitos que necesariamente deben satisfacer los fabricantes y los proveedores de servicios, así como los de la administración de la calidad que

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



son del interés de fabricantes. La mejor alternativa para evidenciar su cumplimiento a través de los certificados de conformidad que emiten los Organismos de Certificación acreditados en el marco de la ley de la materia.

Los países avanzados consideran a la normalización como actividad fundamental para el desarrollo de la planta industrial. En México hemos acelerado el paso para presentar lo existente en formatos similares al de otros países, para iniciar los trabajos de compatibilización y armonización.

Para hacer frente a estos retos, el ONNCCE ha elaborado a través de sus comités de normalización más de 100 normas mexicanas y coordina la realización y revisión de otro tanto, así mismo es el encargado de administrar el acervo de las normas mexicanas de esta industria, y que actualmente alcanzan la cifra de casi 500, sin embargo, estos esfuerzos son insuficientes si los interesados, productores y prestadores de servicios, no apoyan o participan en estos o especifican y exigen en sus proyectos y obras el cumplimiento de las características establecidas en las normas.

En nuestro país, las “obras” de construcción se caracterizan por la participación de un gran número de personas y de empresas, lo que dificulta la unidad en el proceso constructivo, por lo que creemos muy difícil certificar los sistemas de aseguramiento de la calidad, pero reconocemos la necesidad de contar con controles que garanticen la continuidad en el proceso o en el servicio, lo mismo aplica para todos aquellos proveedores que deseen certificar sus bienes o servicios por necesidad contractual o comercial. Es por ello que la certificación de producto

que ofrece el ONNCCE incorpora la evaluación del sistema de control de la calidad en la planta de fabricación y en la obra por lo que se puede asumir que la certificación aplica al proceso de industrialización.

El intercambio internacional nos ha demostrado que los profesionales, las empresas y las universidades que desconozcan los cambios derivados de la globalización comercial y que no orienten eficazmente a sus clientes están destinados a no sobresalir y a perder importantes mercados de trabajo.

Al reconocer las distintas esferas que se relacionan con la construcción, debemos otorgar nuestros bienes y servicios en un esquema de participación interdisciplinaria con los diversos actores de esta importante rama industrial, por lo que debemos incluir en nuestra preparación y/o actualización profesional los temas relacionados con la calidad y con los avances tecnológicos, así como las técnicas y productos que abaten tiempos de construcción, facilitan las labores de ensamble, mantenimiento y sustitución y que complementan nuestra forma de proyectar y de construir.

LA TIERRA COMO INSUMO DE CONSTRUCCIÓN

La tierra es quizá el primer material que la humanidad utilizó para construir las primeras viviendas, acompañándolo de fibras vegetales, ramas y troncos para darles solidez y permanencia. En nuestros días todavía podemos admirarnos de diversas edificaciones monumentales construidas por nuestros antepasados con este noble insumo. Una de las inquietudes que seguramente se presentarán en este Congreso, es el

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



reconocimiento de este material histórico como componente constructivo, principalmente para destinarlo a las viviendas institucionales,

Desde mi particular punto de vista, la normalización de la arquitectura de tierra tendría que enfocarse a propiciar el cumplimiento con las disposiciones que fijan los reglamentos de construcción para las estructuras y, en su caso, para los elementos de carga. Para ello se requiere normalizar sus características, detallar los métodos de prueba y definir las especificaciones de comportamiento o desempeño de los elementos y/o componentes constructivos en igualdad de circunstancias que para los productos equivalentes.

Como ya he mencionado, las viviendas deben otorgar una durabilidad en condiciones óptimas de funcionamiento de por lo menos el tiempo de amortización de los créditos, es decir, una vida útil superior a los 30 años con mantenimiento razonable; por otro lado, los organismos financieros exigen el cumplimiento de la regulación aplicable, que como he indicado corresponden a los reglamentos de construcción en cuanto a los aspectos estructurales y de habitabilidad y de las normas de los productos que se incorporen a la técnica constructiva. Ello conllevaría a tratar a la tierra como un producto y no como un material de construcción. Otra de las alternativas conocidas es la utilización de la tierra como material de relleno para conformar muros, en estos casos, salvo la mejor opinión de un estructurista, es indispensable resolver la estructura soportante de conformidad a los reglamentos para que estos muros se consideren como divisorios, los que también tendrían que demostrar su estabilidad.

El ámbito rural ha sido campo fértil para utilizar a la tierra en las viviendas, sin embargo, al ser un material deleznable, no satisface los requisitos de durabilidad y de permanencia solicitados por los organismos financieros. Algunas de las soluciones apoyadas son aquellas que incorporan productos estabilizadores, por lo que quizás sería oportuno analizar el comportamiento observado en función a la dosificación de los materiales utilizados, la técnica elegida, las condiciones de humedad y secado, así como el mantenimiento, entre otros factores.

Seguramente las experiencias presentes en este importante Congreso, podrán servir para normalizar las principales características que debe satisfacer este insumo, así como los métodos de prueba correspondientes para propiciar uniformidad de uso y, sobre todo, confianza, confiabilidad y durabilidad.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



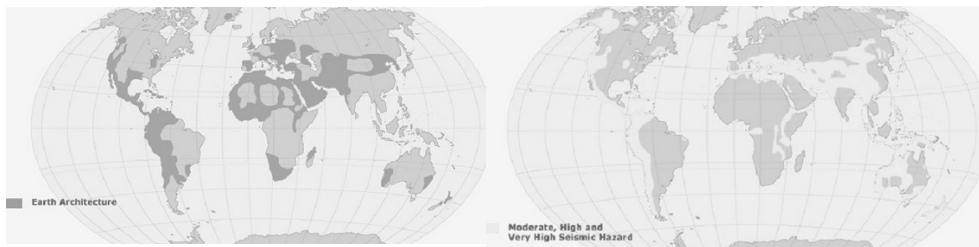
1º CONGRESO - TALLER
internacional para la
NORMALIZACIÓN DE LA
arquitectura de tierra

REFLEXIONES SOBRE LA NORMATIVIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE DE EDIFICACIONES DE ADOBE

Marcial Blondet ¹, Julio Vargas ², Nicola Tarque ³

1. INTRODUCCIÓN: La vivienda de tierra en países sísmicos en desarrollo

En muchos países en vías de desarrollo la alternativa de vivienda más común para sus pobladores es la construcción con tierra, pues el material es tradicional, abundante y barato. La construcción de viviendas de tierra en estos países es mayormente informal, con poca o ninguna asesoría técnica. En las zonas sísmicas donde se construye con tierra (Fig. 1.1), cada vez que ocurre un terremoto colapsan muchas construcciones de adobe, causando considerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas de vidas. Por ejemplo, en los terremotos de Huaraz (Perú) de 1970 y en el de Bam (Irán) del 2003, decenas de miles de personas perecieron trágicamente, aplastadas por sus viviendas de tierra.



(De Sensi 2003)

Fig. 1.1 Construcción con tierra y sismicidad

Las comunidades académicas y profesionales de algunos países sísmicos donde se construye con tierra no han permanecido impasibles

¹ Profesor Principal, Pontificia Universidad Católica del Perú, mblondet@pucp.edu.pe

² Profesor Principal, Pontificia Universidad Católica del Perú, jhvargas@pucp.edu.pe

³ Asistente de Investigación, Pontificia Universidad Católica del Perú, tarque.sn@pucp.edu.pe

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



frente a esta grave situación. Por ejemplo, en el Perú se viene investigando la construcción con tierra en áreas sísmicas desde hace más de treinta años (Corazao y Blondet 1974, Blondet y Vargas 1978, Vargas et al. 1984, Ottazzi et al. 1988, Zegarra et al. 1997, CERESIS 1999). Como resultado de estas investigaciones se han desarrollado técnicas sencillas y eficaces para refuerzo sismorresistente de construcciones con tierra, que han demostrado su efectividad en ensayos de simulación sísmica a escala natural y en el campo durante sismos moderados (Zegarra et al. 2001). Actualmente se está estudiando la posibilidad de utilizar materiales industriales para la construcción masiva de viviendas de tierra en áreas sísmicas (Blondet et al. 2005).

Los resultados de estas investigaciones se han plasmado en la Norma Peruana de Diseño en Adobe, desarrollada por académicos y profesionales peruanos con experiencia en investigación y en construcción con tierra. La primera Norma fue aprobada en 1985 (ININVI 1987). Actualmente, está vigente su segunda edición, que fue aprobada en 1999 por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción del Perú (MTC 2000).

La Norma es un documento formal cuyo principal objetivo es dar lineamientos para que las construcciones de adobe, que benefician principalmente al sector informal de la población, sean sísmicamente seguras. La Norma también contribuye a formalizar las nuevas construcciones de tierra para que se desarrollen con la ayuda del sistema hipotecario y financiero.

En este trabajo se describen los efectos de los sismos en las edificaciones de adobe y las soluciones técnicas desarrolladas en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Luego se comentan críticamente algunos aspectos importantes del diseño sísmico de la Norma Peruana y finalmente se hacen algunas reflexiones con respecto a la utilidad de las normas de diseño sismorresistente en adobe para dar acceso a viviendas de tierra seguras a los pobladores más pobres del mundo.

2. EFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA

El adobe tiene magníficas cualidades térmicas, que hacen que las casas de tierra sean muy confortables: son cálidas en el invierno y frescas en el verano. Los principales elementos sismorresistentes de las viviendas de tierra, sus muros, tienen sin embargo características negativas desde el punto de vista de la seguridad sísmica: son pesados, poco resistentes y frágiles. Por eso las viviendas coloniales de tierra que sobreviven hasta hoy tienen gran densidad de muros muy anchos y con pocas aberturas. Actualmente el terreno de construcción es escaso en las zonas urbanas, por lo que las viviendas de adobe se construyen con muros más delgados, imitando además las configuraciones arquitectónicas “modernas” de las casas de ladrillo. Los grandes terremotos ocurridos en regiones donde la construcción con tierra es generalizada han demostrado con trágicas pérdidas de vidas la excesiva vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe construidas informalmente con las técnicas tradicionales de la región.

Por ejemplo, en la sierra del Perú la gran mayoría de las viviendas de adobe son muy vulnerables (Blondet 2004) debido a que los pobladores construyen sus viviendas de adobe imitando las configuraciones estructurales de las viviendas de mampostería de ladrillos de arcilla (Fig. 2.1). Estas viviendas de adobe han sido concebidas y construidas con grandes aberturas de vanos, dimensiones largas entre arriostres, muros de poco espesor y techos muy pesados.



Fig. 2.1 Configuración inadecuada en viviendas de adobe

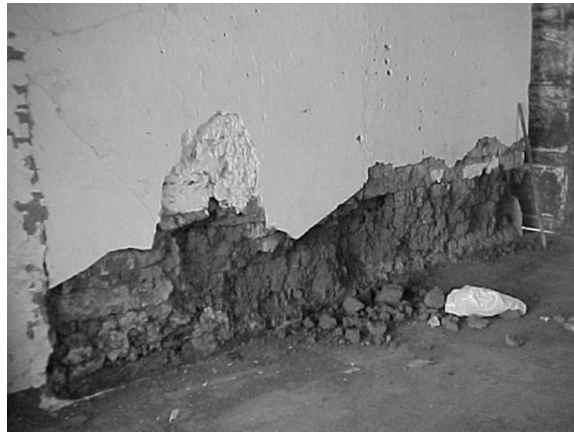
Cuando ocurre un sismo, el suelo se mueve en todas direcciones y transmite a los muros fuerzas de inercia sísmicas verticales y horizontales que el material debería resistir. Los muros de tierra resisten bastante más los esfuerzos de compresión que los de tracción o los de corte (Vargas et al. 1984, Ottazzi et al. 1989). Por ello, las fisuras aparecen primero donde hay esfuerzos de tracción y de corte. Este es el inicio de un proceso de destrucción que va cambiando la geometría resistente de los muros y por ende va redistribuyendo los esfuerzos, lo que puede agravar la fisuración. Si la acción sísmica continúa, este proceso puede terminar destruyendo la construcción. Preocupa entonces la debilidad del material tierra frente a fuerzas sísmicas que pueden ser muy grandes y que puedan actuar durante mucho tiempo, dependiendo de la severidad del sismo. Por su debilidad, las viviendas de adobe son las primeras en romperse durante los terremotos.

La seguridad sísmica de cualquier edificación no es homogénea en todos sus elementos. La distribución de esfuerzos sísmicos en los muros no es uniforme. Los esfuerzos se concentran en zonas críticas como los bordes, las esquinas de los vanos, o los encuentros entre muros de diferentes características. Las concentraciones de esfuerzos de tracción y de corte están directamente asociadas a las fallas sísmicas. En la construcción con tierra la situación es patética: por la debilidad y fragilidad del material se producen fisuras en los muros, estos se desconectan entre sí, la construcción se desarticula y se degrada rápidamente, los muros pierden estabilidad y se producen los colapsos parciales o totales de muros y techos (Fig. 2.2).



Fig. 2.2. Colapso sísmico de viviendas de adobe

Si los muros están húmedos (Fig. 2.3), el problema se acentúa porque la resistencia de la mampostería de adobe disminuye notablemente y por tanto la vulnerabilidad sísmica de la vivienda aumenta (Vargas et al. 1986).



(Torrealva 2003)

Fig. 2.3 Daño por humedad en muro de adobe

Las fuerzas sísmicas verticales actúan en la misma dirección que el peso de la vivienda. En la mayoría de los casos, la resistencia de los muros a las cargas verticales hace que los esfuerzos sísmicos de compresión sean menores a los que la mampostería de adobe puede soportar. Sin embargo, en terremotos de foco superficial, la componente vertical del movimiento causa fuerzas muy intensas que pueden desestabilizar las uniones de muros y techos y producir su colapso.

Las fuerzas sísmicas horizontales perpendiculares a los muros provocan fuerzas de corte y momentos de flexión. Los momentos flectores, que producen esfuerzos de tracción y compresión en el material, son generalmente mayores en los apoyos (base y paredes laterales) y en el centro superior de los muros. Es en esos lugares donde aparecen las principales fisuras durante los sismos. En ensayos de simulación sísmica a escala natural se ha observado que primero aparecen grietas verticales en las esquinas de los muros. Si el movimiento sísmico es lo suficientemente intenso, las partes superiores del muro agrietado se llegan a separar, se golpean con los muros

transversales, pierden estabilidad y colapsan fuera de su plano en una falla por volteo (Bariola et al. 1985, Fig. 2.4). Los muros con arrostramiento lateral insuficiente, como los parapetos de las azoteas, son particularmente susceptibles de colapsar por volteo debido a las fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano.



(Foto D. Quiun)

Fig. 2.4 Grietas verticales en las esquinas de muros

Las fuerzas sísmicas horizontales que actúan en el plano de los muros generan fuerzas cortantes que producen grietas diagonales (también conocidas como de tracción diagonal), que muchas veces siguen las líneas escalonadas de las uniones de mortero entre adobes (Fig. 2.5).



Fig. 2.5 Grietas diagonales en el muro

Las grietas diagonales frecuentemente se inician en las esquinas de los vanos de puertas y ventanas, debido a la concentración de esfuerzos

causada por la discontinuidad del vano. Si el movimiento sísmico continúa después de que el muro de adobe se ha fisurado, se forman pedazos de muro que pueden colapsar independientemente (Fig. 2.6).

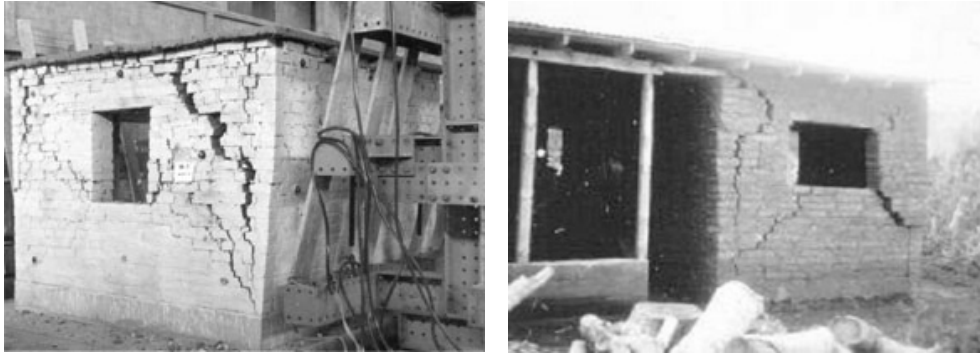


Fig. 2.6 Grietas sísmicas diagonales en el campo y en el laboratorio

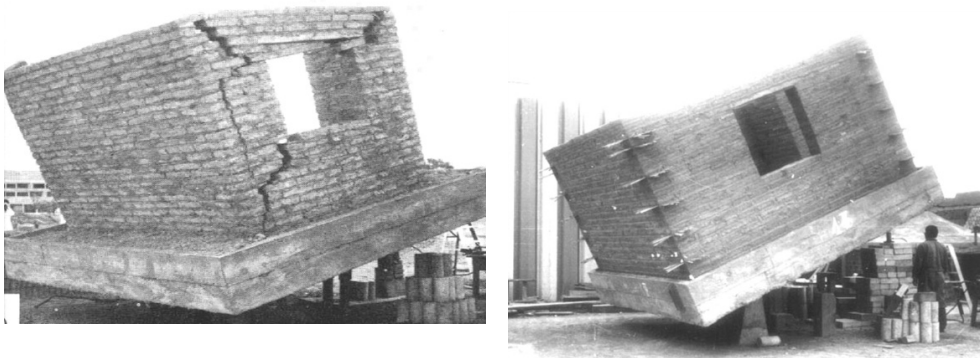
En resumen, las experiencias en el campo y en el laboratorio demuestran que las viviendas de adobe sin refuerzo son extremadamente vulnerables a los sismos. La gran masa de los muros hace que ellos atraigan grandes fuerzas de inercia que son incapaces de soportar, debido a su pobre resistencia a los esfuerzos de tracción y de corte. Las fuerzas laterales causan que los muros se agrieten en trozos que pueden colapsar por separado. Este problema se ve agravado significativamente por la fragilidad de la mampostería de adobe, que hace que las fallas ocurran súbitamente, sin dar tiempo a los habitantes para que salgan de su vivienda antes de que colapse.

Es indispensable, en consecuencia, dotar a las construcciones de tierra de un sistema de refuerzo adicional que sirva para mantener la integridad de los muros una vez que estos se hayan fisurado y separado en pedazos debido a la acción sísmica.

3. SISTEMAS DE REFUERZO SÍSMICO: Contribución de la PUCP

El terremoto de Huaraz en 1970 (M_w 7,8) causó la muerte de alrededor de 70 000 personas, casi la mitad de ellas sepultadas bajo los escombros de sus casas adobe. Esta tragedia tuvo gran repercusión en Perú porque despertó la necesidad de investigar el comportamiento sísmico de las construcciones de adobe. Inicialmente, la investigación

en la PUCP fue orientada hacia el estudio experimental de alternativas de refuerzo estructural usando materiales rurales. Estas primeras investigaciones fueron realizadas sobre una plataforma inclinable sobre la cual se ensayaron módulos de adobe a escala natural (Fig. 3.1). La fuerza sísmica fue representada por la componente lateral del peso de los módulos. El modo de falla de los módulos fue similar al observado en el campo luego de la ocurrencia de los sismos.



a) Sin refuerzo

b) Con refuerzo de caña

Fig. 3.1. Módulos de adobe sobre la plataforma inclinable
Luego de pruebas con diversos tipos de refuerzo, se escogió un sistema de refuerzo interno de caña que aumentó sustancialmente la resistencia de los módulos de adobe. Este sistema consistió en una malla de cañas verticales ancladas en el cemento, unidas a tiras de caña chancada colocadas dentro del mortero cada cuatro hiladas de mampostería (Vargas 1978, Fig. 3.2).

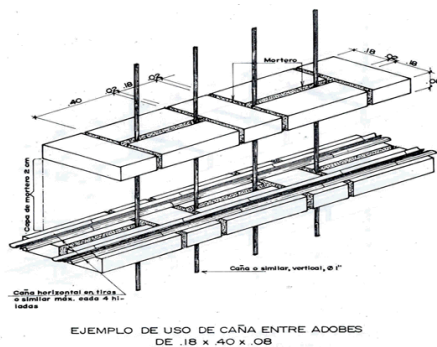


Fig. 3.2 Refuerzo interior de caña

Para comprobar la efectividad del refuerzo interno de caña se realizaron ensayos de simulación sísmica en módulos de adobe a escala natural. El refuerzo interior de caña unido a una viga solera (o viga collar, Fig. 3.3) de madera en la parte superior de los muros resultó ser muy efectivo, pues proporcionó mayor resistencia a los muros por un efecto de interacción entre la caña y la mampostería de adobe (dos materiales compatibles) y además mantuvo juntos a los pedazos de muros, aún luego de la fisuración severa. Durante los movimientos sísmicos más intensos, el refuerzo interno de caña fue crucial para impedir la separación de los muros en las esquinas y así mantener la integridad de la estructura (Ottazzi et al. 1989, Fig. 3.4).



Fig. 3.3 Viga solera

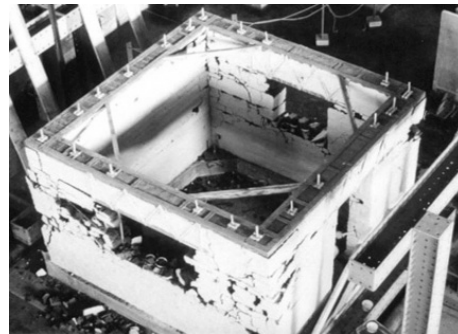


Fig. 3.4 Módulo reforzado después del ensayo

Los estudios experimentales han demostrado que para que el refuerzo interno sea efectivo, debe ser continuo en todo el muro. De esta forma, los pedazos de muro formados luego del agrietamiento del muro debido a la acción sísmica, no se caerán. Por lo tanto, el objetivo principal del refuerzo interno no es solamente aumentar la resistencia de los muros, sino más bien es mantener la integridad de los muros agrietados durante y luego de un terremoto.

El uso de la malla interna de caña tiene, sin embargo, varios inconvenientes que son independientes de su eficacia como refuerzo sísmico: 1) Para construir muros de adobe reforzados con malla interna de caña se requiere un esfuerzo manual considerablemente mayor al



necesario para construir muros de adobe tradicionales, sin refuerzo. 2) La caña no está disponible en todas las zonas donde se construye con tierra. Además, en muchas áreas donde se produce caña es muy difícil obtener la cantidad requerida para programas masivos de construcción o de reconstrucción de viviendas. 3) No puede usarse en viviendas existentes. 4) Los pobladores se resisten a usar espontáneamente técnicas diferentes a las tradicionales, aunque hayan recibido material técnico y entrenamiento.

En 1996 se inició en la PUCP un proyecto experimental para desarrollar técnicas simples de refuerzo de construcciones existentes de adobe. Se ensayaron en el simulador sísmico muros en forma de U con diferentes materiales de refuerzo, como tablas de madera, sogas, malla de alambre del tipo gallinero y malla electrosoldada (Zegarra et al. 1997).

Los mejores resultados fueron obtenidos con malla electrosoldada (alambre de 1mm de diámetro espaciado cada 20 mm), clavada mediante chapas metálicas de botellas contra el adobe y recubierta con mortero de cemento-arena (Fig. 3.5). La malla fue colocada en franjas horizontales y verticales en una configuración similar a la de vigas y columnas (Fig. 3.6).

Este sistema tiene la ventaja de que puede usarse tanto para viviendas nuevas como para viviendas existentes. Después de ensayos dinámicos de cuatro módulos de vivienda a escala natural, esta solución fue aplicada para el refuerzo de viviendas de adobe existentes en diferentes regiones del Perú (Zegarra et al. 1997, Fig. 3.6). En el año 2001 ocurrió el terremoto de Arequipa en la zona sur del Perú y destruyó muchas casas de adobe en la zona afectada. Sin embargo las viviendas reforzadas con malla electrosoldada localizadas en la región no sufrieron daños importantes y además sirvieron de refugios (Zegarra et al. 2001). Esto demostró en la práctica que el refuerzo externo es satisfactorio para sismos de intensidad moderada.



Fig. 3.5. Malla de alambre
Electrosoldada



Fig. 3.6. Vivienda reforzada

El refuerzo externo con malla electrosoldada, sin embargo, también tiene inconvenientes: 1) Cuesta alrededor de US \$200 para una vivienda típica de adobe de un solo piso y dos ambientes. Esta cantidad excede la capacidad económica de los usuarios peruanos de adobe, quienes muchas veces tienen ingresos mensual menores que esa cantidad. 2) Por razones económicas, el refuerzo se coloca solamente en los bordes de los muros, o sea que no es continuo en toda la dimensión del muro. Para las cantidades de refuerzo metálico utilizado se ha observado en el laboratorio (Blondet et al. 2005) que el comportamiento post-elástico de estos muros es de rigidez y resistencia degradante, lo que indica la posibilidad de falla frágil y súbita durante un sismo fuerte.

Un proyecto de investigación preliminar se ha desarrollado recientemente en la PUCP con el objetivo de estudiar la viabilidad técnica y económica de utilizar productos industriales para el refuerzo sísmico de viviendas de adobe. Seis muros de adobe a escala natural (Fig. 3.7), con y sin refuerzo se ensayaron bajo carga cíclica lateral. Todos los módulos tuvieron las mismas dimensiones y una ventana central pequeña (Blondet et al. 2005).

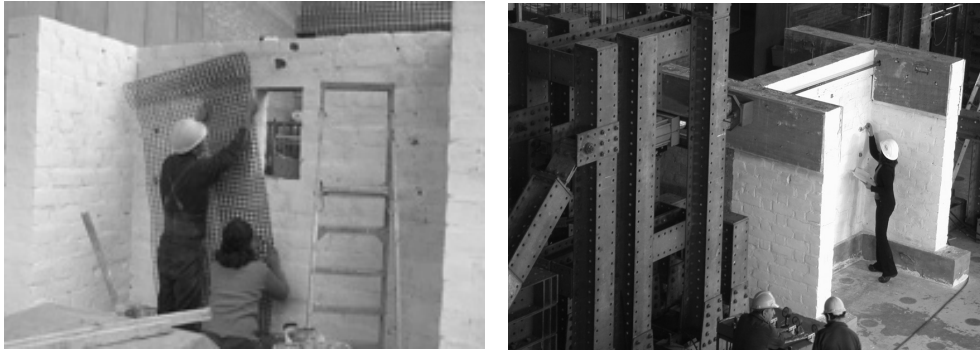


Fig. 3.7 Construcción y ensayo de muros de adobe

Se obtuvieron resultados muy satisfactorios con los refuerzos de plástico. El muro reforzado internamente con tubo PVC y malla plástica mostró un comportamiento similar al del muro de referencia, reforzado con malla interna de caña. En estos dos muros, la malla interna logró una distribución uniforme de la fisuración, evitando así la formación de grandes trozos de muro que podrían colapsar independientemente. Además, estos muros demostraron tener una capacidad notable de deformación estable y sin pérdida de resistencia (Fig. 3.8).

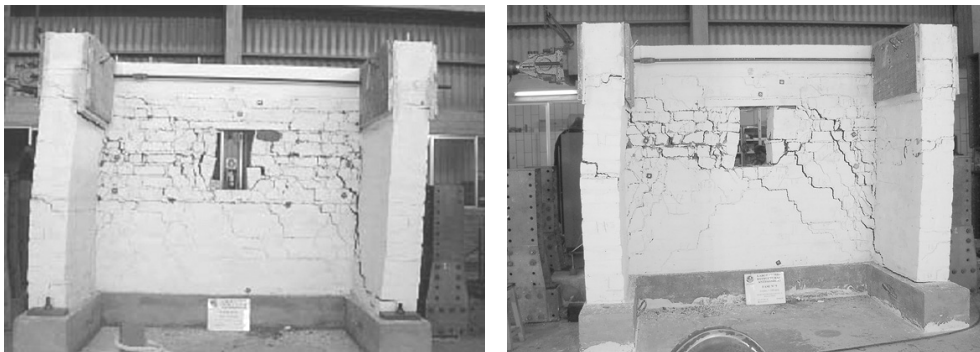


Fig. 3.8 Muro reforzado con PVC vs. muro reforzado con caña

El muro reforzado externamente con geomalla también tuvo un comportamiento muy satisfactorio, mucho mejor que el del muro de referencia reforzado con malla electrosoldada (Fig. 3.9). El muro con malla electrosoldada fue bastante más resistente que el muro con

geomalla, pero falló súbitamente con muy poca deformación, casi inmediatamente luego de haber llegado a su carga máxima. La configuración de fisuración mostró grandes pedazos de muro independientes y el comportamiento post-elástico tuvo características de resistencia y rigidez degradante. Esto indica que en un terremoto fuerte, una vivienda reforzada con la malla electrosoldada podría colapsar en forma frágil y súbita. El muro reforzado con geomalla externa, aunque tuvo menor resistencia que el muro con malla electrosoldada, demostró un sísmico comportamiento estable, con gran capacidad de deformación y sin pérdida significativa de resistencia



Fig. 3.9 Muro reforzado con geomalla vs. muro reforzado con malla electrosoldada

La cuantiosa información experimental obtenida mediante ensayos de muros y módulos de vivienda de adobe ha demostrado que los refuerzos más convenientes son aquellos que logran un comportamiento adecuado después de que los muros han alcanzado su carga máxima elástica. El refuerzo debe garantizar un comportamiento post-elástico estable, sin pérdidas significativas de resistencia, con gran capacidad de deformación, y con una configuración de fisuración bien distribuida y sin grandes fisuras.

Las soluciones técnicas desarrolladas en las universidades no han resuelto todavía el problema real de la vivienda de tierra en zonas sísmicas. Por una parte, las personas que tradicionalmente usan el adobe son resistentes a los cambios, especialmente si éstos implican trabajo adicional para la construcción y requieren diferentes materiales para el refuerzo. Por otra parte, los sistemas de refuerzo desarrollados



hasta ahora tienen sus limitaciones. Por eso, las propuestas de sistemas de refuerzo técnicamente eficientes para mejorar la resistencia sísmica de las viviendas de adobe no siempre han resultado viables. Es imperativo continuar investigando la forma de desarrollar sistemas de refuerzo con otros materiales, que sean aceptables para los usuarios de adobe, de bajo costo y simples de aplicar. Paralelamente, deberá desarrollarse técnicas efectivas de difusión y transferencia de tecnología.

4. NORMAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE EN ADOBE

Las normas de diseño sismorresistente son documentos legales que contienen especificaciones técnicas para el diseño estructural de edificaciones en áreas sísmicas.

En forma muy resumida, la filosofía de diseño sismorresistente convencional es que las edificaciones no deben sufrir daños durante sismos leves, que los daños sean reparables durante sismos moderados y que la estructura no colapse durante sismos fuertes.

En el caso de las construcciones con tierra, que por su material son débiles y frágiles, la filosofía de diseño sismorresistente debe ser adaptada aceptando la ocurrencia de mayor fisuración en sismos moderados. Asimismo, la norma de adobe deberá conservar el celo por garantizar la protección de la vida de los ocupantes, al evitar la ocurrencia de colapsos durante sismos moderados y fuertes, mediante la colocación indispensable de refuerzos.

Los refuerzos sísmicos tienen como objetivo evitar el colapso de los muros de adobe, al mantener su integridad aún luego de que se hayan fisurado en grandes pedazos independientes. Los refuerzos deben tener una capacidad de tracción y una configuración continua suficientes para lograr este objetivo.

Es fundamental que los países sísmicos donde se construye con tierra tengan normas de diseño sismorresistente en adobe.

En el Perú, así como el inicio de las investigaciones sobre adobe en la PUCP, otra de las reacciones a la tragedia del sismo de Huaraz de



1970 fue la preocupación normativa. Además de la aprobación de la Norma Sísmica Peruana, se realizaron intentos y propuestas para la elaboración de un código de Adobe (Vargas 1980). Luego, la *Norma Adobe, Código E-080* fue aprobada en 1985 como componente integral del Reglamento Nacional de Construcciones (ININVI 1987).

La Norma Adobe sirvió de base para la preparación de las *Guidelines for Earthquake Resistant Non-Engineered Construction* de la Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica (IAEE 1986) y de las *Recomendaciones para la Elaboración de Normas Técnicas de Edificaciones de Adobe, Tapial, Ladrillos y Bloques de Suelo-Cemento* de la red temática Habiterra (CYTED 1995). La norma peruana ha servido además, directa o indirectamente, como guía para la generación de normas sísmicas de otros países del mundo como India y Nepal. Las *Recomendaciones* de Habiterra y las *Guidelines* de la IAEE son lo suficientemente generales como para ser un punto de partida importante para la elaboración de normas sísmicas en cualquier país del mundo.

La Norma Peruana actual (MTC 2000) está redactada siguiendo un esquema típico. Se presenta primero una declaración de alcances, requisitos generales y definiciones del repertorio de elementos estructurales (adobe, mortero, muros, vigas, etc.). Luego se describe el comportamiento sísmico de las edificaciones de adobe y se especifica el cálculo de la fuerza sísmica de diseño. Se presentan a continuación especificaciones para el dimensionamiento de los sistemas estructurales y la clasificación de los morteros. Finalmente, se definen los esfuerzos admisibles de la mampostería y se dan especificaciones para el diseño de los muros de adobe.

La Norma especifica que las construcciones de adobe sean dimensionadas por métodos racionales basados en los principios de la mecánica y con criterios de comportamiento elástico. Sin embargo, recomienda la colocación de refuerzos en muros esbeltos para mejorar su comportamiento en el rango inelástico.

La excitación sísmica está representada por una fuerza lateral H que depende de la sismicidad de la zona, del tipo de suelo, del peso de la estructura y del uso que se le dará a la edificación. H se calcula con la expresión $H = SUCP$. El coeficiente C es el porcentaje del peso que

debe ser aplicado lateralmente para simular la fuerza sísmica, y depende de la zona del territorio nacional donde se encuentra ubicada la edificación (Fig. 4.1). En la zona 3, de mayor sismicidad, el coeficiente C es igual a 0,20 y en las zonas 2 y 1 C se va reduciendo a 0,15 y 0,10, respectivamente. El factor de suelo S es 1,00 si el suelo es bueno (roca o suelo muy denso) y 1,20 cuando el suelo es intermedio o blando. El factor de uso U es 1,00 para viviendas y 1,20 para otras edificaciones como colegios, postas médicas, o locales públicos. Finalmente, el peso P debe incluir la carga muerta más el 50% de la carga viva.



(MTC 2000)

Fig. 4.1 Mapa con zonas sísmicas en el Perú

Entonces, una vivienda ubicada en un lugar con suelo regular de la costa peruana deberá ser diseñada para resistir elásticamente una fuerza lateral $H = SUCP = 1,20 \times 1,00 \times 0,20 \times P = 0,24 P$, equivalente a casi la cuarta parte de su peso total.

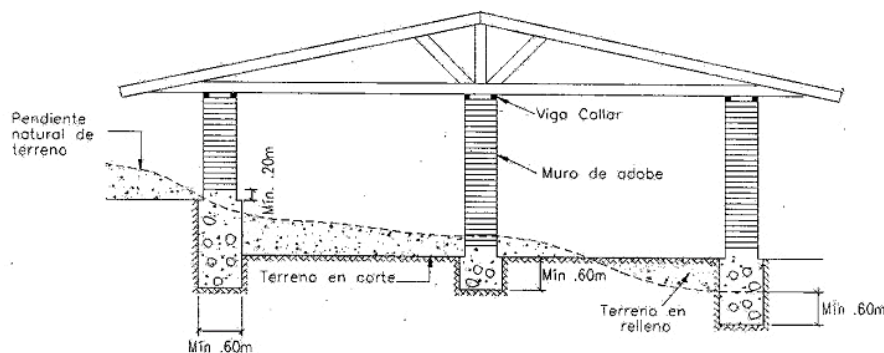
Las observaciones de daños en sismos pasados indican que las construcciones de adobe ubicadas en suelos blandos han tenido una

intensidad de daños considerablemente mayor que el de las ubicadas en suelos firmes. Esto no ocurre en la misma proporción en las construcciones con materiales más resistentes. Parecería adecuado entonces incrementar el coeficiente de suelo S para las construcciones de adobe sobre suelo intermedio y proscribir la construcción con tierra en suelos blandos.

En la zona de mayor sismicidad no está permitida la construcción de edificaciones de adobe de dos pisos. Estas se permiten únicamente en las zonas de menor peligro sísmico, siempre y cuando el segundo piso esté construido con un material más liviano como la quincha, tal como ocurrió con la Ordenanza Real luego del catastrófico terremoto que destruyó Lima y Callao en 1746.

Entre las recomendaciones generales que da la norma para un buen comportamiento sísmico están: las viviendas de adobe deben tener suficiente longitud de muros en las dos direcciones principales, la planta será lo más simétrica posible, los vanos serán pequeños y centrados, y los muros deberán tener sistemas de refuerzo que amarren los muros entre sí.

La cimentación, al igual que el sobrecimiento, debe estar construida con concreto ciclópeo o con albañilería de piedra. En la Fig. 4.2 se muestran algunas especificaciones que deben cumplir las subestructuras de las viviendas. Este esquema debería indicar adicionalmente que a los niveles de fondo de cimentación se debe llegar por corte y nunca por relleno.



(MTC 2000)

Fig. 4.2 Especificaciones de subestructura



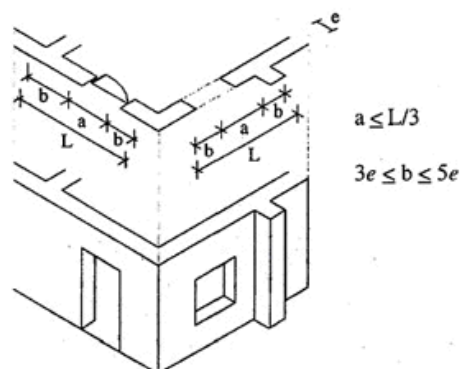
Los muros de adobe deben diseñarse para que soporten elásticamente las fuerzas sísmicas y las transmitan a la cimentación. Para fines de diseño, la Norma Peruana especifica los esfuerzos admisibles mostrados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Esfuerzos admisibles para el diseño de muros de adobe

ESFUERZO ADMISIBLE	ESPECIFICACIÓN
Resistencia a la compresión de la unidad, f_o	$f_o =$ promedio de la resistencia de 6 cubos, ó $f_o = 12 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a compresión de la albañilería, f_m	$f_m = 0,25 f'_m$ (f'_m es el esfuerzo de compresión último de pilas) ó $f_m = 2 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a la compresión por aplastamiento	$1,25 f_m$
Resistencia al corte de la albañilería, V_m	$V_m = 0,40 f'_t$ (f'_t es el esfuerzo último de muretes en compresión diagonal) ó $V_m = 0,25 \text{ kg/cm}^2$

Se especifica también que los muros deben estar adecuadamente arriostros. Los arriostros pueden ser muros transversales, contrafuertes o columnas de concreto armado. Los arriostros horizontales son vigas soleras (vigas collar) hechas de madera o de concreto armado para integrar a los muros.

Los muros deben cumplir además especificaciones geométricas para garantizar un buen comportamiento sísmico. La longitud máxima del muro entre arriostros debe ser 12 veces el espesor del muro, y los vanos deben estar centrados y ser pequeños (Fig. 4.3).



(MTC 2000)

Fig. 4.3 Dimensiones de vanos

Los refuerzos de los muros de adobe podrán ser de caña, malla electrosoldada o concreto. Las exigencias de refuerzo dependen de la esbeltez de los muros, como se indica en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Especificaciones de refuerzo para muros

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor mín. de muro (m)	Altura mín. de muro (m)
• • 6	Solera	0,4 – 0,5	2,4 - 3,0
6 • • • 8	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3 – 0,5	2,4 – 4,0
8 • • • 9	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,3 – 0,5	2,7 – 4,5

La Norma exige el uso de vigas soleras superiores en todos los muros. Esta exigencia es razonable, pues es coherente con la evidencia experimental que indica que la viga solera integra el comportamiento de los muros de las construcciones de adobe y evita los desplomes de los



muros externos luego de que se presentan las fisuras verticales en las esquinas. Adicionalmente, las vigas soleras contribuyen a la distribución más efectiva del peso de los techos sobre los muros y a la integración del techo al sistema de control del volteo de los muros.

Dependiendo de la esbeltez de los muros, la Norma permite la construcción de viviendas sin refuerzo. La tabla 4.2 indica que los muros con esbeltez \bullet (relación altura / ancho) menor o igual a 6 pueden ser contruidos sin ningún refuerzo. Esta especificación contraviene la experiencia de campo y de laboratorio que indica claramente que los muros de adobe sin refuerzo tienen un comportamiento de falla súbita luego de que se han fisurado por efecto de la actividad sísmica.

Para los muros con esbeltez entre 6 y 8, la Norma solamente requiere elementos de refuerzo horizontal y vertical en sus encuentros. Experiencias de laboratorio en la PUCP (Ottazzi et al. 1989) y en Stanford (Krawinkler et al. 1978) indican que el comportamiento de muros de adobe en estados avanzados de fisuración permite la caída de bloques y pedazos de muro, que solo puede ser evitada mediante una configuración de refuerzo continua en todo el muro. Esto se puede conseguir con mallas de refuerzo internas o externas, colocadas en toda el área del muro. La especificación de la Norma parecería entonces ser poco conservadora o peligrosa.

La Norma permite la construcción de muros muy delgados, con esbelteces entre 8 y 9, y hasta de 12 con justificación técnica, que deberán ser reforzados íntegramente. Parece muy arriesgado construir muros tan esbeltos en la zona de mayor peligro sísmico.

Se concluye de las observaciones anteriores que el refuerzo debe ser obligatorio y completo para todos los muros, independientemente de su esbeltez, por lo menos para las zonas de 2 y 3 de mayor sismicidad, donde se han reportado colapsos de viviendas de tierra. Además, la limitación de esbeltez máxima de los muros debería depender de la sismicidad de cada zona.



5. REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES

La necesidad de una norma de diseño sismorresistente está basada en la difusión de conocimientos constructivos para garantizar la seguridad y economía de los usuarios.

Las normas de diseño sismorresistente en adobe están dirigidas a los profesionales a cargo de del diseño y construcción de edificaciones de adobe, y a los técnicos que los asisten. Legalmente, sin embargo, los únicos autorizados a firmar proyectos son los profesionales colegiados. Ellos pertenecen al sistema formal. Dentro de este sistema hay muy pocas personas que viven en casas de tierra diseñadas de acuerdo con la Norma.

Por otro lado, la gran mayoría de personas que viven en casas de adobe y que siguen construyendo con este material, pertenecen al sistema informal y no utilizan la Norma. Esta informalidad se manifiesta en los países del tercer mundo también en otros aspectos como el tributario o el laboral. Por lo tanto, las normas de adobe en áreas sísmicas no cumplen aun su cometido, pues no llegan a los usuarios a los que pretende beneficiar.

Luego, si se quiere atender las necesidades de seguridad, legalidad y de acceso al crédito de la gran mayoría que pertenece al sistema informal, es indispensable recurrir a herramientas complementarias a la Norma tales como cartillas de difusión, campañas a través de organizaciones populares, acciones de gobiernos locales, o programas en medios de difusión masiva, para diseminar entre los pobladores los conceptos básicos de diseño y construcción sismorresistente en adobe.

Las normas deberían recoger fielmente los conocimientos adquiridos de la investigación y de la observación de efectos en los terremotos pasados. Este conocimiento debe traducirse en recomendaciones simples y directas que puedan ser aplicadas por los propios pobladores con escaso apoyo técnico. Lo que no debe ocurrir es una distorsión del conocimiento obtenido con medidas menos exigentes para la construcción con tierra, en la idea de poder llegar a un número mayor de usuarios. Ello sería tan grave como disminuir la calidad de una medicina para que la puedan usar un mayor número de pacientes.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



El contenido de las normas es el resultado de grandes esfuerzos de investigación hechos con el deseo de mitigar las consecuencias de los sismos, especialmente en zonas densamente pobladas de viviendas de tierra. Una norma bien concebida es una herramienta indispensable para guiar a la comunidad profesional en el diseño y construcción de edificaciones de tierra económicas y seguras. Esta comunidad profesional tiene la responsabilidad de difundir el conocimiento y de capacitar a la población para mitigar el riesgo de las viviendas de tierra en áreas sísmicas, que alcanza hoy niveles inaceptables.



58REFERENCIAS

Bariola J, Blondet M, Torrealva D y Vargas J. 1985. “Comportamiento dinámico de viviendas de adobe”. Proyecto financiado por la Agencia Internacional para el Desarrollo (US AID). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.

Blondet M y Vargas J. 1978. “Investigación sobre vivienda rural”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. Lima. Perú.

Blondet M. 2004. “Estudio de la vulnerabilidad de viviendas informales construidas en la región Sierra”. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) – Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), proyecto conjunto. Lima. Perú.

Blondet M, Madueño I, Torrealva D, Villa García G y Ginocchio F. 2005. “Using industrial materials for the construction of safe adobe houses in seismic areas”. Earth Build 2005. Sydney. Australia.

CERESIS. 1999. “Manual técnico para el reforzamiento de viviendas existentes de adobe de la Costa y Sierra del Perú”. CERESIS/GTZ/PUCP, proyecto conjunto. Disponible de: <http://www.ceresis.org/proyect/madobe/manual.htm>

Corazao M y Blondet M. 1974. “Estudio experimental del comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a sollicitaciones sísmicas”. Banco Peruano de los Constructores. Lima, Perú.

CYTED. 1995. “Recomendaciones para la elaboración de Normas Técnicas de Edificaciones de Adobe, Tapial, Ladrillos y Bloques de suelo cemento”. Red Temática XIV.A: HABITERRA. Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social.

De Sensi B. 2003. “Terracruda, la diffusione dell’architettura di terra” (en italiano) – “Soil, Dissemination of Earth Architecture“. Disponible de: <http://www.terracruda.com/architetturadiffusione.htm>



IAEE. 1986. "Guidelines for Earthquake-Resistant Non-Engineered Construction". Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica. Tokyo. Japón.

ININVI. 1987. "Adobe: Norma Técnica de Edificación E-080". Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda, Ministerio de Vivienda y Construcción". Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI). Lima. Perú.

Krawinkler H, Mills R y Moncarz P. 1978. "Scale modeling and testing of structures for reproducing response to earthquake excitation". Universidad de Stanford. California. USA.

MTC. 2000. "Reglamento Nacional de Construcciones. Adobe: Norma Técnica de Edificación E-080". Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.

Ottazzi G, Blondet M, Villa García G, Yep J, Ginocchio F. 1988. Viviendas de adobe sismorresistentes. Reporte técnico. CIID-PUCP Proyecto conjunto. Lima, Perú.

Ottazzi G, Yep J, Blondet M, Villa García G y Ginocchio F. 1989. "Ensayos de simulación sísmica de viviendas de adobe". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Torrealva D. 2003. "Serie cuadernos de adobe: Caracterización de daños en construcciones de adobe". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.

Vargas J. 1978. "Recomendaciones para el diseño y construcción de viviendas de adobe. Estudio experimental". Simposio Internacional sobre el terremoto del 4 de febrero de 1976, y proceso de reconstrucción". Guatemala.

Vargas J. 1980. "Construcciones de adobe: Bases para un Código Sismo Resistente". Pontificia Universidad Católica del Perú. Departamento de Ingeniería. Lima. Perú.

Vargas J, Bariola J y Blondet M. 1984. "Resistencia sísmica de la Mampostería de Adobe". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

1° Congreso- Taller Internacional para la
Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



Vargas J, Heredia E y Mehta P. 1986. “Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas”. Publicación DI-86-02. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. Perú.

Zegarra L, Quiun D, San Bartolomé A y Giesecke A. 1997. “Reforzamiento de viviendas de adobe existentes 2da parte: Ensayos Sísmicos de Módulos”. XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Trujillo. Perú.

Zegarra L, Quiun D, San Bartolomé A y Giesecke A. 2001. “Comportamiento ante el terremoto del 23-06-2001 de las viviendas de adobe reforzadas en Moquegua, Tacna y Arica”. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Puno. Perú.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas





NORMALIZACION DE LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN LA ARGENTINA Marco General Vigente - Propuestas y Directrices Futuras

**Rafael F. Mellace (*)
Rodolfo Rotondaro (**)**

RESUMEN:

En este trabajo se presentan apuntes introductorios sobre el panorama actual de la normalización de la construcción en la Argentina considerando el empleo de la tierra cruda como material.

Se comentan aspectos conceptuales generales sobre las normas y reglamentos para la edificación y razones de su existencia. Se menciona la situación actual del marco normativo en el ámbito internacional, considerando recomendaciones del Programa CYTED y normativas nacionales de México, Perú, Brasil y Estados Unidos, las cuales son tomadas en cuenta para proyectar en el país.

Se sintetiza el marco normativo argentino, el cual incluye a reglamentos, códigos y normas de edificación; y las actuales normas y códigos oficiales para construcciones sismorresistentes. El tratamiento referido a las construcciones de tierra es escaso o nulo.

Quedan planteados dos aspectos de suma importancia: la necesidad de una Regulación oficial y su articulación con la normativa existente; y algunas líneas de trabajo e investigación orientados a la certificación de elementos y sistemas constructivos en curso.

Se proponen en el final algunos lineamientos y acciones posibles para la gestión de normas técnicas que puedan realizar un avance hacia la normalización. La propuesta se basa en un conjunto racional y armónico -catálogo o código unificado- que contenga disposiciones técnicas consensuadas, ajustadas a condiciones reales, tanto en lo que se refiere a la caracterización de los riesgos sísmicos o eventos naturales, como a la actualización de la tecnología de construcción, susceptibles de ser adaptadas en cada región del país.

I. INTRODUCCION

I.1 Aspectos Conceptuales: Las Normas y Reglamentos en la Construcción

Desde que la humanidad se organiza en sociedades, todos sus habitantes viven bajo normas o reglamentaciones de distintos órdenes que impactan en mayor o menor medida en su desenvolvimiento diario, individual y colectivo. Es que para que éstas se desarrollen como tal, resulta necesario establecer reglas de

convivencia que aseguren un armónico comportamiento de todos sus integrantes, reconociendo derechos y obligaciones, orientados a resguardar valores fundamentales de bien común.

Entre estos valores, la seguridad, que puede establecerse atendiendo diversos aspectos y con distintos grados de importancia. Un posible parámetro para



medir su magnitud lo conformarían, por ejemplo, todas aquellas cuestiones prioritarias que tienden a preservar la vida humana como, por ejemplo, aquellos rubros que con mayor o menor intensidad, aseguran una vida sana, un transporte adecuado, una vestimenta digna, un hábitat confortable y durable, acorde a las características geográficas y ambientales del lugar, etc. En este contexto general se enmarca la seguridad de las construcciones.

En efecto, las sociedades más civilizadas han evolucionado en el mundo acompañando la creciente especialización y complejidad de la construcción, con diversos recaudos que complementan el saber hacer y la responsabilidad profesional de sus actores.

Entre estos recaudos se destacan la adopción de normas técnicas, reglamentos y códigos de edificación. Normas reglamentos y códigos que, surgidos de una postura social en relación al grado de seguridad que las sociedades están dispuestas a aceptar, se elaboran a fin de garantizar estándares

mínimos de calidad en sus construcciones, relacionados tanto a los aspectos constructivo-estructurales, de habitabilidad y durabilidad, como a los productos y procesos intervinientes.

Tomando datos promedio de estadísticas europeas y americanas de los últimos treinta años, es interesante comprobar cuales son las causas más comunes de colapso en las edificaciones. En un 90% se deben a negligencia, imprudencia o incompetencia de los actores involucrados en su construcción. De ese porcentaje, el 5% se producen a causa de incendios, el 10% por actos

dolosos y el 75% por errores graves de proyecto, ejecución o uso, en sus distintas combinaciones. El restante 10% se deben al azar (por ejemplo la acción de cargas imprevisibles), a defectos de los materiales o a pequeños errores de proyecto, ejecución o uso⁽¹⁾. Como se ve, el 75% del total de colapsos, originados generalmente en una deficiente concepción estructural, o en una inadecuada ejecución y/o utilización de las estructuras, son absolutamente evitables con un mayor rigor en el control de calidad de las obras en todas sus instancias, desde el proyecto hasta su uso o conservación.

Resulta claro entonces que, partiendo del supuesto de que todas las operaciones que se efectúan en una obra tienen carácter previsible, se deba monitorear cada paso del proceso con una herramienta reglamentaria que especifique por ejemplo, entre otros aspectos, las reales posibilidades de carga y sobrecarga de las estructuras en función de los materiales utilizados y su adecuado comportamiento frente a diversas solicitaciones a que sean sometidas. Ello exige contar con un órgano de control idóneo, que tenga la posibilidad de regular todos los actos que implican el diseño y la construcción, desde la producción de materiales y componentes básicos, procesos de ejecución hasta su habilitación final, inclusive, las operaciones de mantenimiento pos uso.

Los requisitos mínimos estipulados y controles establecidos para materiales, componentes, procesos y servicios en las Normas Técnicas es el resultado de tareas colectivas con la finalidad ética de aprovechar los avances tecnológicos producidos, para el mejoramiento de la seguridad y el bienestar humano. La normalización implica por lo tanto, un



proceso de discusión continuo, dinámico e interactivo al que deben incorporarse todos los factores involucrados.

I.2 Panorama actual

Por mínimo que sea su grado de desarrollo tecnológico, todos los países cuentan con normas de construcción. A título de ejemplo, se citan algunas instituciones u organismos internacionales, regionales o nacionales que regulan en la materia en el ámbito americano:

American Society of Standard Testing of Materials (ASTM); American Concrete Institute (ACI); American Institute of Steel Construction (AISC); American National Standards Institute (ANSI) en Estados Unidos de Norteamérica; Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONCCE), en México.

En Sudamérica: Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC); Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) y Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO) en Perú; Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); Instituto Nacional de Normalización (INN) en Chile; Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT). En la Argentina, el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC), el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) y el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), etc. etc.

II. LA NORMATIVA DE CONSTRUCCION CON TIERRA

II.1 Razones de su existencia

Contrariamente a lo que ocurre con la construcción convencional, en general no existen normas técnicas que establezcan las exigencias a que deben ajustarse las construcciones que utilizan la tierra cruda como material principal, en cualquiera de sus formas.

Probablemente, la paulatina retracción de su utilización producida durante más de medio siglo ante la creciente sustitución por nuevos materiales de mayor desarrollo tecnológico motivó la falta de acción de los organismos competentes, al suponer tal reducción de la demanda como un fenómeno definitivo y permanente. Sin embargo, el empleo de la tierra cruda en la construcción del hábitat pervive como una necesaria y tal vez única alternativa para millones de personas en el mundo. Es una realidad que caracteriza a la construcción del hábitat social y en particular, a la construcción informal en los cada vez más amplios sectores poblacionales de bajos recursos. Al respecto, recientes proyecciones estadísticas muestran que el porcentaje de viviendas de tierra superará el 50 % del total actual en los próximos 15 años⁽²⁾.

Es notorio que la aplicación de reglamentos y códigos de construcción se verifica principalmente en las edificaciones formales -estatales o privadas- y en directa proporcionalidad con la centralidad urbanística: cuanto más cerca al centro de una ciudad, mayores son las edificaciones que ajustan su diseño, ejecución y control a las normas y reglamentos vigentes. La edificación informal por su parte, con fuerte presencia en áreas peri urbanas y en todo el ámbito rural, se encuentra más "alejada", de los códigos y estándares mínimos de calidad referidos a seguridad, habitabilidad y



durabilidad, con consecuencias muchas veces catastróficas, como generalmente ocurre en los asentamientos en zonas de relleno, en zonas inundables o en zonas de riesgo sísmico.

La construcción con tierra se enmarca mayoritariamente en este último panorama, por lo que resulta imperioso avanzar en su normalización particularizada considerando las propias condicionantes de los lugares donde, empíricamente, se sigue construyendo con este material. Por otro lado, es cada vez mayor el interés por diseñar y construir edificios que respondan a los conceptos de la arquitectura ecológica o bioclimática, en la que la tierra resulta ser un material primordial, ajeno a todo proceso de transformación industrial, que posibilita un excelente equilibrio con el medio ambiente.

Otro de los campos en que una expresa normativa de construcción con tierra resulta indispensable, es el de la restauración y conservación del patrimonio construido, ya que en gran parte de éste está constituido por tierra cruda como materia prima fundamental. Desconocer su valor y extensión, o la falta de oportuna y adecuada intervención significaría en último caso, la pérdida de excelentes expresiones de la arquitectura monumental, vernácula y contemporánea existente en el mundo. En efecto, datos de las Naciones Unidas revelan la importancia del tema, si se observa que:

- Ø al menos el 60% e la población mundial vive en edificaciones de tierra
- Ø el 10% del Patrimonio Cultural de la Humanidad” corresponde a monumentos de tierra.
- Ø 16 de ellos están incluidos en la lista de 100 monumentos en peligro, del “World Monument Watch”.

Ø 57% de la lista de patrimonio cultural en peligro del World Heritage Centre lo constituyen sitios de arquitectura de tierra⁽³⁾.

Estas razones, entre tantas, justifican la necesidad y conveniencia de elaborar una normativa específica que, atendiendo a las tradiciones y condicionantes propias de cada región, defina directrices, códigos y reglamentos para regular la construcción con tierra en forma análoga a la existente para la construcción convencional, a fin de asegurar apropiados estándares de calidad, seguridad y durabilidad.

III. MARCO NORMATIVO EN EL AMBITO INTERNACIONAL

III.1 Antecedentes

Como se dijo, en términos generales no existe en el ámbito internacional un catálogo de normas y reglamentos específicos y ordenados que establezcan los requisitos indispensables para el proyecto, cálculo y ejecución de las edificaciones de tierra, a fin de resistir las acciones previstas durante los períodos de ejecución y servicio, garantizando la seguridad adecuada al uso al que se las destinen durante su vida útil.

Aunque existen en algunos países indicadores o recomendaciones referidas básicamente a la identificación de la tierra como materia prima y a la elaboración y control de componentes (adobes, BTC), éstas no abarcan en forma integral a las diversas técnicas y fases del proceso constructivo, ni constituyen un marco normativo específico que lo regule.

III.2 Situación actual

Las pautas generales recomendadas para el diseño y



construcción de edificios difundidas en el ámbito internacional, aún con diferentes y en determinados casos contradictorios enfoques, se refieren principalmente a las construcciones de mampostería de adobes o de bloques prensados y en menor medida, a las construcciones de tapial, sin considerar otras técnicas usuales (v.g. técnicas mixtas o de entramado).

El Uniform Building Code (UBC) de 1982 muy difundido en el oeste de Estados Unidos de Norteamérica, es un importante antecedente en la materia; no obstante, si bien reconoce a la “mampostería de barro sin hornear” (*unburned clay masonry*), resulta en la práctica de relativa aplicación debido a su fuerte carácter restrictivo. Tanto es así, que el estado de Nuevo México ha adoptado en 1988 su propio reglamento de construcciones de adobe (New México Building Code - Section 2412) introduciéndole importantes enmiendas al UBC en sus apéndices A y B ⁽⁴⁾.

En el primero, “*Parte V. Regulaciones de ingeniería. Calidad y diseño de materiales de construcción*” - *Capítulo 24, Sección 2412*- se establecen especificaciones generales referidas a métodos para la identificación de tierras aptas y definición de distintas clases de adobes: estabilizados (resistentes a la acción del agua), no tratados, prensados hidráulicamente, terrones (adobes recortados directamente del suelo superficial) y “adobe cocido” (*burned adobe*); toma de muestras para ensayos y determinación del contenido de humedad; absorción; retracción y agrietamiento; resistencia a rotura por compresión axial y módulo de rotura por flexión; tipos y usos de morteros. Es decir, regula sobre la forma de producción y calidad de componentes básicos (unidades de barro).

En el segundo -“*Capítulo 24, Sección 2405. Mampostería de arcilla no cocida*”- se establecen especificaciones generales referidas al diseño y producción del elemento constructivo -muro portante-. Precisa limitaciones de altura (máxima, un piso), espesor mínimo (0,40 m), determina la relación espesor / altura de muros (1/10) y las tensiones mínimas exigidas, según valores consignados en tablas (*24-B: Allowable working stresses in unreinforced unit masonry*) y *24-C: Allowable shear on bolts masonry of unburned Clay Units*) ⁽⁵⁾.

TABLE NO. 24-B—ALLOWABLE WORKING STRESSES IN UNREINFORCED UNIT MASONRY—Continued

MATERIAL	Type M	Type S	TYPE M OR TYPE S MORTAR				TYPE N		
	Com-pression ¹	Com-pression ¹	Shear or Tension in Flexure ²	Tension in Flexure ⁴	Com-pression ¹	Shear or Tension in Flexure ²			
6. Cavity Wall Masonry Solid Units ³ Grade A or 2500 psi plus Grade B or 1500-2500 psi Hollow Units ³	110	130	12	6	30	15	110	10	5
	100	90	12	6	30	15	80	10	5
7. Stone Masonry Cast Stone	400	360	8	4	—	—	320	8	4
	140	120	8	4	—	—	100	8	4
8. Gypsum Masonry	20	20	—	—	—	—	20		
9. Unburned Clay Masonry	30	30	8	4	—	—			

¹Allowable axial or flexural compressive stresses in pounds per square inch gross cross-sectional area (except as noted). The allowable working stresses in bearing directly under concentrated loads may be 50 percent greater than these values.

²This value of tension is based on tension across a bed joint, i.e., vertically in the normal masonry work.

³No tension allowed in stack bond across head joints.

⁴The values shown here are for tension in masonry in the direction of running bond, i.e., horizontally between supports.

⁵Net area in contact with mortar or net cross-sectional area.

Otra de las regulaciones importantes y más difundida la constituye la “*Norma Peruana de Edificaciones E-080 Adobe*”, publicada en 1985 por el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI). En ella se establecen los requisitos a que deberían ajustarse los componentes básicos y elementos constructivos de la



vivienda a fin de asegurar su estabilidad y resistencia estructural ante las solicitaciones externas, especialmente de sismos. Define como estructura resistente, al sistema continuo e integrado, conformado por cimientos / muros / arriostramientos (horizontales y verticales) / techos / refuerzos y considera para cada elemento individual las condiciones de diseño (forma, dimensiones, relación altura / espesor de muros, tamaño y disposiciones de vanos etc.) y de resistencia (compresión axial y diagonal, corte, tracción por flexión), estableciendo los valores admisibles y métodos para obtenerlas. En este punto es importante destacar que la Norma, si bien precisa los procedimientos de ensayo para los componentes básicos (adobes), considera como índice de la calidad constructiva-estructural, la resistencia de la mampostería en su conjunto, fija los procedimientos de ensayo de pilas (compresión axial), de muretes (tracción por compresión diagonal y flexión perpendicular al plano) y establece los valores admisibles para tensiones de compresión ⁽⁶⁾.

En relación al proceso de ejecución de muros, es de destacar en este caso algunos criterios disímiles a los fijados por el UBC, por ejemplo, respecto al espesor de las juntas de asiento, tipos de morteros recomendados y estado hídrico de los adobes al momento de su incorporación a la mampostería. También con las recomendaciones chilenas (propuesta de Norma NC.), respecto a la distribución y dimensiones de los refuerzos verticales en muros (máxima separación y medida en la base de los contrafuertes) ⁽⁷⁾.

En Brasil, diferentes organismos de investigación produjeron significativos avances en el conocimiento del suelo-cemento aplicado a la construcción de edificios, particularmente en muros de

mampostería de bloques prensados y de tapial.

Se destacan en este campo, la Associação Brasileira do Construtores em Terra (ABCTerra); Associação Brasileira

<p>OBJETIVOS</p> <p>SEGURIDAD DE VIDAS HUMANAS</p> <p>•INCREMENTAR PROTECCIÓN DE PROPIEDADES</p> <p>•ESTABLECER NIVELES DE CALIDAD MÍNIMOS</p> <p>•PREVENIR CON REQUERIMIENTOS RAZONABLES</p> <p>PROCEDIMIENTOS</p> <p>ANTECEDENTES – PARTICIPACIÓN – APROBACIÓN – PUBLICACIÓN – DIFUSIÓN</p> <p>LOS FUNCIONARIOS PÚBLICOS SON RESPONSABLES DE PROTEGER A SUS COMUNIDADES</p> <p>CÓDIGO</p> <p>CUÁNDO Y DÓNDE HACER ALGO</p> <p>NORMA TÉCNICA</p> <p>CÓMO HACER ALGO</p>
--

de Materiais nao Convencionais (ABMTENC); Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP); el Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia (CEPED) y el Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo (IPT).

Muchas de las directrices, recomendaciones o reglamentos producidos por los organismos citados, se agrupan sintéticamente en la publicación *Sistematización del uso de la Tierra en Viviendas de Interés Social. Red Temática XIV.A Habitterra. 199* del Programa de Cooperación Iberoamericana CYTED-HABYTEC, como recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial y bloques de suelo-cemento. Si bien no incluye a todas las técnicas constructivas conocidas, constituye un buen material de base para la discusión y formulación de reglas de aplicación general.

III. MARCO NORMATIVO ARGENTINO



III.1 Antecedentes: Reglamentos, Códigos y Normas de Edificación

En la Argentina se distingue entre reglamento, norma y código de edificación. Los Reglamentos, emanados de un poder público, establecen requisitos generales, fundamentales y de aplicación obligatoria. Generalmente el organismo que lo aprueba y pone en vigencia es el que se encarga de la obra pública.

Las Normas son documentos públicos y, por lo tanto, pueden ser consultadas, referenciadas y usadas por quienes lo deseen. Son reglas técnicas acerca de la forma de cumplir los requisitos fundamentales (reglamentos) de manera voluntaria, que ayudan a mejorar la calidad, la seguridad y la competitividad industrial.

Los Códigos de Edificación son el conjunto de normas técnicas sistemáticas que regulan unitariamente una materia determinada. Su elaboración es función de los cuerpos técnicos de los Municipios y su ámbito de aplicación se limita a sus respectivas jurisdicciones.

Para actuar en cada caso, los organismos oficiales competentes son:

1. El Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC); redacta los Reglamentos de Seguridad Estructural para las obras civiles por mandato de la Secretaría de Obras Públicas de la Nación. Aún con puntos en discusión, es la normativa vigente más abarcativa y moderna que existe en relación a la construcción

convencional; sin embargo, excluye expresamente de sus consideraciones a la construcción con tierra, en cualquiera de sus técnicas constructivas conocidas.

2. El Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES); redacta los Reglamentos de Seguridad Estructural Sismorresistente. Por imperio de la Ley 19.616 tiene la misión de proyectar y aconsejar normas aplicables a las construcciones sismorresistentes, conforme las diferentes zonas del país, no obstante ello, y a pesar de que precisamente en las áreas de peligro sísmico más elevado se registra la mayor concentración de edificaciones de tierra, tampoco en este tema legisla sobre la tecnología de construcción con tierra.

3. El Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM), asociación civil sin fines de lucro constituida en 1935 tiene por finalidad específica, promover el uso racional de los recursos materiales, estudiar y aprobar normas sin limitaciones en los ámbitos que abarquen, realizar servicios de certificación que contribuyan al desarrollo tecnológico y a la mejora continua de los productos, procesos y servicios vinculados -en este caso- a la construcción de edificios.

III.2 Normas y Códigos Oficiales para Construcciones Sismorresistentes



Dado que un alto porcentaje de la superficie del país (50%) es considerada zona de riesgo sísmico se implementó el Reglamento INPRES / CIRSOC-103 que regula toda la obra pública nacional, aunque en virtud del régimen federal existente, en las obras de carácter provincial o municipal, son las autoridades locales las encargadas de velar por el cumplimiento de la reglamentación.

Los objetivos del Reglamento INPRES - CIRSOC 103 pueden resumirse en:

1. Evitar pérdidas de vidas humanas y accidentes que pudieran originarse por la ocurrencia de cualquier evento sísmico.
2. Evitar daños en la estructura y en los elementos constructivos durante terremotos de frecuente ocurrencia.
3. Evitar que se originen colapsos totales o parciales en las construcciones, que puedan poner en peligro la seguridad de las personas durante terremotos muy severos, de ocurrencia extraordinaria.

La prioridad se orienta a evitar pérdidas de vidas humanas, asegurar que la construcción no colapse, que no se

derrumbe, aunque los daños que pudiera sufrir por los efectos de terremotos muy severos no permitan su posterior recuperación. El grado de daños que se admite depende fundamentalmente del destino de la obra. Al respecto se clasifican las construcciones en dos grandes grupos:

- a) Construcciones Vitales; aquellas que cumplen funciones esenciales en caso de ocurrir un terremoto destructivo (hospitales, centrales de bomberos, etc.) o cuya falla produciría efectos catastróficos sobre vastos sectores de la población (centrales nucleares, diques, etc.). Para estas construcciones el nivel de daño admitido por la ocurrencia de fuertes terremotos es tal que NO comprometa el normal funcionamiento de las mismas.
- b) Construcciones no Vitales; viviendas, oficinas, comercios, etc. en las que si bien es técnicamente posible minimizar los daños ante grandes terremotos, no resulta económicamente conveniente. En este tipo de obras el criterio está dirigido a evitar el colapso, para salvaguardar vidas, aunque el estado de la construcción después de la ocurrencia de un sismo destructivo, implique su demolición. Se considera que la probabilidad de ocurrencia de un terremoto de estas características durante la vida útil de la construcción, es muy baja.

III.3 Zonificación Sísmica

El territorio de la República Argentina se divide en cinco zonas de acuerdo con el grado de peligrosidad sísmica. En el mapa y cuadro siguientes se indica la zonificación sísmica en función del grado de peligrosidad.

IV. CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN ZONAS SÍSMICAS.

IV.1 Situación actual

Como en el resto de Latinoamérica, las construcciones de adobe en la Argentina se remontan a épocas de la colonización. Por la facilidad de su ejecución y economía de recursos son todavía empleadas en vastos asentamientos humanos, incluyendo importantes ciudades y núcleos urbanos y seguramente seguirá siéndolo mientras se mantengan los motivos económicos y sociales que promueven su difusión a pesar de que, está demostrado, las formas tradicionales de construcción presentan poca resistencia a los sismos de intensidad superior a VI o VII (escala de Mercalli) y han sido causa de la mayor cantidad de víctimas fatales ocasionadas por los terremotos.

Son muchos los esfuerzos realizados para mejorar el comportamiento sismo resistente, sin desvirtuar las ventajas económicas y posibilidades de auto-construcción que la técnica ofrece, habiéndose demostrado que es posible construir viviendas económicas, seguras y durables, con la aplicación de mejoras específicas en el material, diseño constructivo y procesos constructivos. Un ejemplo de ello lo constituyen las viviendas construidas en San Juan (Región de Cuyo), sometidas a sismos de fuerte intensidad (VIII y IX en escala de Mercalli, durante el sismo de Caucete en 1977)⁽⁸⁾.

También los proyectos ejecutados por los Institutos Provinciales de Vivienda con la aprobación técnico-financiera por parte de la Subsecretaría de Obras Públicas de la Nación, a través de los que se construyeron barrios de vivienda de

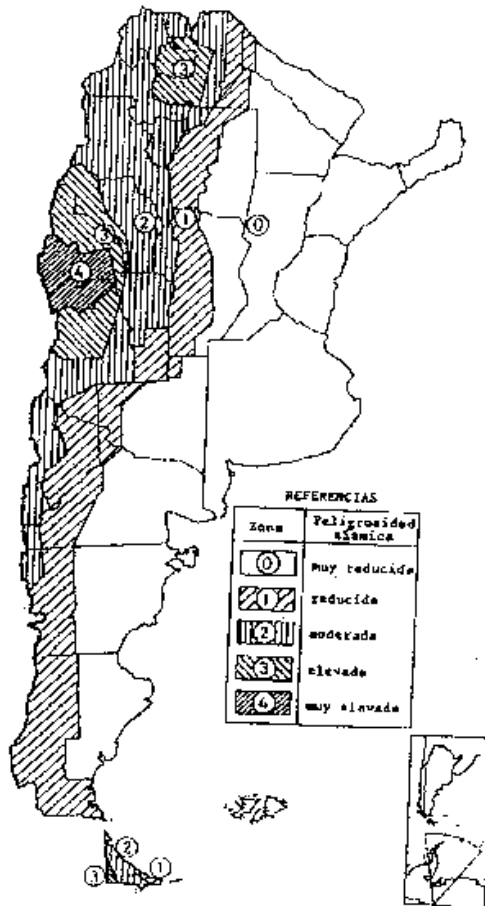


Figura 1 – Zonas Sísmicas de la República Argentina. INPRES

ZONA	PELIGROSIDAD SISMICA
0	Muy reducida
1	Reducida
2	Moderada
3	Elevada
4	Muy elevada

Tabla I – Clasificación del Riesgo Sísmico. INPRES

interés social en varias provincias del Noroeste, Centro y Sur del país (Jujuy, Salta, Catamarca, San Juan, Chubut) basados en componentes, elementos y sistemas constructivos de tierra cruda para muros y techos, que incluyen adobes tradicionales asentados en mortero de barro, bloques comprimidos de suelo-cemento (Cinva-Ram), cubiertas de torta de barro mejoradas, y el aprovechamiento de la energía solar mediante sistemas pasivos (muro Trombe) y ganancia directa por ventanales.

El diseño arquitectónico, constructivo y estructural se fundamentó en un "equilibrio" entre las exigencias de normas y códigos generales de construcción convencional, recomendaciones locales para el análisis y diseño estructural de viviendas de adobe ⁽⁹⁾ y recomendaciones y normas extranjeras ⁽¹⁰⁾.

En la mayoría de los casos no se exigió el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) que otorga la Dirección de Tecnología e Industrialización de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación, atendiendo a la necesidad de construir viviendas sociales priorizando el uso de materiales, técnicas y criterios de resistencia estructural, adecuadas a los climas y condiciones locales. La certificación oficial en estos proyectos fue brindada por los profesionales arquitectos e ingenieros proyectistas y las autoridades de los organismos estatales que asumieron el desafío de su concreción.

Otro antecedente importante es ECOSOL, un proyecto urbano-ambiental sustentable dirigido a sectores de escasos recursos, desocupados o subocupados que, por su situación económica, son susceptibles a la migración hacia las grandes ciudades

donde se agrava el círculo de desocupación, pobreza y marginación. El emprendimiento conjunto entre el Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda y la Universidad Católica de Salta posibilitó la construcción de 60 viviendas en el interior de la provincia, con muros de bloques de suelo-cemento (Cinva-Ram) y cubiertas mixtas de tierra estabilizada, madera, caña y productos industriales. Fue seleccionado por FLACAM para el XIX Congreso Mundial de Arquitectos, Barcelona 1996 y premiado por el Programa de Mejoramiento de Barrios (Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación) como una de las cinco mejores prácticas para el hábitat humano en la categoría ecología.



Figura 2 - Vivienda de Bloques comprimidos de s-c.
Proyecto ECOSOL . IPDUV / UCA – Salta, Argentina

IV.2 Necesidad de Regulación

Como se observa, son los municipios y comisiones municipales del interior - organismos estatales más cercanos al criterio de permitir el empleo de la tierra y otros materiales locales tradicionales en la construcción oficial y privada- en especial en las pequeñas ciudades y asentamientos del Noroeste, los que de hecho permiten y promocionan la construcción "alternativa" de viviendas y edificios del equipamiento urbano (puestos de salud, salones comunitarios,



ampliación de escuelas, oficinas, depósitos etc.).

Ante esta realidad y atento a la carencia de códigos particulares, resulta innegable la necesidad de la intervención del Estado en el dictado y aplicación de Normas, Reglamentos y Códigos específicos que regulen las construcciones de tierra en todos los ámbitos, cumpliendo uno de sus roles fundamentales, que es la seguridad pública (según se expone en III.1). No con el objeto de promover las construcciones de tierra en las regiones de riesgo sísmico sino, precisamente, para asegurar con su observancia un comportamiento satisfactorio en idénticos términos señalados por el INPRES-CIRSOC 103 para la construcción convencional.

Un comportamiento satisfactorio se logra por la conjunción de una serie de factores, tales como la calidad del diseño arquitectónico y constructivo-estructural, de los materiales y métodos utilizados, como fundamentalmente, del control de la ejecución. El tipo y calidad de los materiales por sí solo no garantiza el buen desempeño de la construcción ante terremotos; por lo tanto, reconociendo que existen unos más aptos que otros, no puede hablarse de materiales "antisísmicos" o sismorresistentes, como supuestamente serían por ejemplo, el ladrillo cerámico y el hormigón armado, descartando de plano las posibilidades ciertas que la tierra ofrece como tal.

IV.3 Antecedentes: Normas y Desarrollos Experimentales

En relación al material (tierra / suelo), el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales establece en sus Normas IRAM referidas a la mecánica de los suelos, definiciones, criterios de

clasificación y métodos para la identificación, descripción y determinación de las constantes físicas y propiedades químicas y mecánicas de suelos de "uso ingenieril". Muchas de ellas son válidas y se aplican por analogía al estudio de los suelos de "uso arquitectónico" ⁽¹¹⁾.

También aquellas en las que define los métodos para determinar las dosificaciones, tipos de compactación, resistencia y durabilidad de mezclas y componentes básicos (bloques comprimidos) de suelo-cemento ⁽¹²⁾. En estos campos, el marco normativo existente cubre en general los requerimientos esenciales para obtener productos de calidad.

El déficit normativo se centra en temas de diseño, cálculo y dimensionado de elementos constructivos y sistemas estructurales (si bien es posible efectuar el análisis estructural mediante métodos racionales basados en la resistencia de los materiales). Al no existir reglas particulares que los especifiquen se adoptan por lo general, recomendaciones (no siempre concordantes) elaboradas en centros locales de investigación y desarrollo tecnológico vinculados al tema ⁽¹³⁾ y normas extranjeras ⁽¹⁴⁾.

De los centros de investigación referenciados, corresponde destacar, entre otros, al Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE); Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA), Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC), Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" (IDIA), Instituto Argentino del Cemento Pórtland (ICPA) y otros diversos organismos oficiales.

Entre las normas extranjeras, además de las NTE-E. 080 Adobe (Perú) y NBR



10836 (Brasil), constituyen un valioso material de consulta las especificaciones del CRATerre, Francia⁽¹⁵⁾, del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), España⁽¹⁶⁾, del Texas Transportation Institute⁽¹⁷⁾.

V. PROPUESTA PARA LA GESTION DE NORMAS TECNICAS

Al contrario de lo acontecido en el país durante la década de los 90, en la que en término globales se intentó demonizar la regulación en todas las áreas sin distinción alguna, en los últimos tiempos se observa en el ámbito de la construcción convencional, una tendencia a convertir las Normas Técnicas voluntarias en obligatorias y orientar los Reglamentos Técnicos a la formulación de exigencias sin definir los medios para cumplirlas; de este modo la reglamentación pasaría de tener un carácter descriptivo a otro de exigibilidad funcional.

Este criterio es concordante con lo expresado por la Unión Européene pour l'Agrément Technique dans la Construction (UEAtc), organismo supranacional de la Comunidad Económica Europea que, precisamente en la década pasada promovía profundizar las regulaciones para elevar los cuestionados niveles de calidad de las construcciones.

A partir de estas consideraciones, desde el Centro Regional de Investigaciones sobre Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) FAU-UNT se proponen algunos lineamientos estratégicos para ser utilizados como base en la elaboración de un documento acordado por consenso entre los centros que trabajan en el tema de la arquitectura de tierra, que establezca, para usos

comunes y repetidos, normas, criterios y especificaciones propias para las actividades relacionadas al diseño y producción de materiales, elementos y sistemas de edificios y al control de sus resultados, en procura de obtener un nivel óptimo de ordenamiento y calidad de la construcción con tierra en un determinado contexto. Estos son:

- Ø Identificar, recopilar y armonizar toda la información referida a recomendaciones, normas, reglamentos o códigos, nacional e internacional existente en organismos públicos y/o privados, sean nacionales, provinciales o municipales, ámbitos académicos (universidades y centros de investigación y transferencia tecnológica) y colegios profesionales.
- Ø Actualizar y redefinir si corresponde, en función de los avances registrados en las investigaciones científicas y técnicas, el valor y necesidad de nuevos requisitos y/o métodos de control de calidad de materiales, productos y procesos posibles de aplicar en todos elementos (muros, techos, pisos, revestimientos) y sistemas constructivos de tierra (mamposterías, monolíticos, de entramado etc.).
- Ø Crear una base de datos que, vinculada a un sencillo programa computacional permita visualizar las normas aplicables al material (tierra/suelo), a cada componente del sistema constructivo-estructural y al sistema en general.
- Ø Definir los ámbitos de aplicación: obras del patrimonio (rehabilitación restauración, conservación); construcciones nuevas; edificaciones del hábitat de interés social (construcciones de bajo costo, en zonas de riesgo sísmico, de Chagas), etc.



VI. CONCLUSION

Es importante resaltar que el objetivo principal de la propuesta no es cubrir todas las situaciones posibles con un reglamento unívoco para las construcciones de/con tierra. Por el contrario, se pretende compilar y reconsiderar la información existente, compatibilizar y, en su caso, mejorar o ampliar criterios sobre la aplicación de normas y reglamentos, constituyendo un conjunto racional y armónico -catálogo o código unificado- que contenga disposiciones técnicas consensuadas, ajustadas a condiciones reales, tanto en lo que se refiere a la caracterización de los riesgos sísmicos o eventos naturales, como a la actualización de la tecnología de construcción, susceptibles de ser adaptadas en cada región del país.

El éxito de su aplicación, claro está, dependerá del reconocimiento oficial por parte de los organismos competentes del Estado y de la existencia de mecanismos y recursos para la inspección y vigilancia de su cumplimiento, así como del apoyo legal para estas medidas.

Las tecnologías no convencionales de construcción con uso de materiales locales constituyen, sin duda, opciones viables para la solución del problema de vivienda popular en muchas regiones del país.

Cualquier esfuerzo que tienda a su puesta al día, optimización y difusión en las comunidades del interior del país, constituye un importante aporte para el mejoramiento de la calidad de vida de los sectores poblacionales en extrema pobreza que, lamentablemente, constituyen hoy una gran mayoría.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(1) Prati, José A.	2002	ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN; www.elconsultorweb.com/prati.1710
(2) National Information Centre of Earthquake Engineering	2004	@IITKanpur; www.nicee.org
(3) Raymundo Rodriguez	2002	IDENTIFICAÇÃO, CONTEXTUALIZAÇÃO INTERVENÇÕES EM ARQUITETURA DE TIERRA - Proyecto 6 PROTERRA - IIº SIACOT. Brasil. pp 199:214
(4) (5) McHenry, Paul Graham	1996	ADOBE: CÓMO CONSTRUIR FÁCILMENTE - MÉXICO. Trillas. México. 229 pág.
(6) (13) Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda	1985	NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E 080 ADOBE. Perú
(7) Cevallos Salas, Patricio	2002	NORMAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. Proyecto 6 PROTERRA - IIº SIACOT. Brasil. pp 163:176
(8) (9) Giuliani, Hugo	1969	DISEÑO DE ESTRUCTURAS SISMO-RESISTENTES. IRPHA - Fac. Arquitectura Univ. Nacional de San Juan, Argentina. 19 pag.



(10) Red Temática HABITERRA	1995	SISTEMATIZACIÓN DEL USO DE LA TIERRA EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL. CYTED-HABYTED. Bolivia. 110 pag.
(11) Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM)		NORMAS IRAM N°s 10500 al 07- 10509 a 12 - 10515/19/21/26/35 -10535
(12) Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM)		NORMAS IRAM N°s 10514-10521/22/23/2
(14) Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)		NORMA NBR 10836
(15) Centre International de la Construction en Terre (CRATerre-EAG)	1989	TRAITE DE CONSTRUCTION EN TERRE L'Encyclopedie de la Construction en Terre.Vol 1 - Parenthèses. Grenoble, Francia. 355 pag.
(16) Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)	1992	BASES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TAPIAL - Monografías de la Dirección General para Vivienda y Arquitectura. MOPT. 79 pag.
(17) Texas Transport Institute	1966	HANDBOOK FOR BUILDING HOMES OF EARTH - Boletín 21. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). México. 140 pag.

(*) Rafael F. Mellace - Arquitecto. Profesor Titular de: Construcciones 1; Diseño y Construcción con Madera; Arquitectura de Tierra. Investigador del Consejo Investigaciones de la UNT (CIUNT) y Director de Proyectos de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT). Director del Laboratorio de Materiales y Elementos de Edificios (LEME) y del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATIC / FAU / UNT). Miembro efectivo del Proyecto 6 PROTERRA (CYTED-HABYTED)
c.e. fmellace@arnet.com.ar - Tel. + 54 - 381- 434 5584

(**) Rodolfo Rotondaro - Arquitecto. M. CEEA-terre; Grenoble, Francia, Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Docente de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo - Universidad de Buenos Aires (FADU / UBA). Miembro del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATIC / FAU / UNT). Miembro efectivo del Proyecto 6 PROTERRA (CYTED-HABYTED)

c.e. rotondar@escape.com.ar - Tel. + 54 - 011- 4574 0398



LA CAPACITACION COMO UNA FORMA MÁS DE NORMALIZAR Y COLECTIVIZAR LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

***Lucia Esperanza Garzón C.**

PALABRAS CLAVES

**CAPACITACION
NORMALIZACION DESDE LA BASE
ECOSOSTENIBILIDAD**

INTRODUCCIÓN

La Arquitectura con tierra en América Latina se ha desarrollado de forma espontánea como lo ha sido en todos los pueblos del mundo, surgió de la necesidad y practica de las comunidades para obtener un cobijo y un espacio de habitación de forma económica, con recursos locales y con tecnologías accesibles; aun en el siglo XXI aunque se han desarrollado procesos industriales con estas y otras técnicas, se continua usando como una forma de construcción domestica, en algunos casos marginal de los sistemas económicos y más ahora, con un mercado de materiales globalizados e intereses económicos mundiales, la arquitectura con tierra sigue presente y paralela a los sistemas que rigen esta área de la economía. La normalización entra como un elemento importante para la competencia del mercado y para la sensibilización de procesos semi-industriales e industriales neoliberales que puedan desarrollarse en las ciudades, sin embargo dentro del marco de nuestra experiencia es muy importante la capacitación, la recuperación del saber sobre el uso del material, ya que al ser procesos artesanales en la mayoría de las técnicas desarrolladas con tierra se hace necesario colectivizar el conocimiento y masificar sus

principios tecnológicos para de esta forma permear los intereses globales. La normalización hace parte del conocimiento popular aunque con los rápidos cambios del siglo pasado el conocimiento acumulado se ha compartimentalizado y ha causado efectos negativos en la calidad de esta tradición cultural de construir con este material. Es necesario partir de las diversas experiencias y para que la Normalización sea un resultado de procesos; debe surgir de la base que en este caso son las comunidades beneficiadas, ellas son las que irradian la necesidad de continuar con este material como algo valido y sostenible y seguirán construyendo con o sin normativas como es el caso del uso de este material en Colombia y en algunos países de América Latina.

GENERALIDADES

La Arquitectura con tierra durante casi toda su existencia ha sido un saber acumulado de las diferentes sociedades, ahora en el cambio de siglo y ante las marcadas diferencias planetarias se vislumbra la posibilidad de recurrir nuevamente a este material junto con otros materiales nobles, renovables y ecológicos; ya que lo experimentado en el pasado inmediato nos demostró los niveles de impacto



planetario y afectación para la sostenibilidad planetaria.

La tierra es un material óptimo por naturaleza, aunque con sus limitaciones como todo material, sin embargo con sistemas mixtos permite responder con calidad ante la sismo resistencia y a las exigencias de clima y comportamiento de resistencias mecánica.

Es un material presente desde hace milenios por sus virtudes como son: la facilidad para la consecución, la elaboración, y en especial por la sostenibilidad planetaria; que en este momento, a inicios del siglo XXI, empieza a recobrar un valor agregado de gran importancia para la sociedad y para el planeta, considerándose como uno de los materiales de mas bajo consumo energético en su producción y en su utilización. Además de ser natural, sano para la habitabilidad y con grandes aportes en los aspectos sensibles, acústicos y térmicos.

El uso y las diferentes técnicas en el mundo entero demuestran su versatilidad y su potencial, pues aunque las sociedades mas desarrolladas han recurrido a materiales novedosos, la tierra no ha perdido su lugar en países desarrollados y menos aun en países en vías de desarrollo, y es allí donde viene recobrando un espacio mayor por la brecha que se ha venido dando en estos tiempos.

LA PROBLEMÁTICA

La problemática del manejo y la calidad en la técnica no ha sido un problema por la regulación de normas, el problema ha recaído en el cambio de valores sociales de la "modernidad", en la mayoría de los lugares donde se construye con tierra no existen controles que regulen su uso, se presenta de forma espontánea y eventualmente se hace de forma masiva, el problema radica

en la ruptura de la información y falta de conocimiento que con la profesionalización e industrialización se le dio al material, al encontrarse en contradicción los sistemas vernáculos de TIERRA con los sistemas tecnológicos del Hormigón y de las estructuras metálicas (arquitectura convencional hasta hoy día).

La problemática en la baja calidad y uso de la construcción con tierra en parte radica por el desconocimiento de sus fortalezas y debilidades del material como tal, aunque es muy útil la ciencia para seleccionar los suelos y construir de forma estandarizada la arquitectura industrializada con tierra, la dificultad esta en encontrar espacios de colectivización del conocimiento acumulado de siglos y la racionalización de los procesos que se han presentado por la subvaloración del material, el desconocimiento de nuestra realidad, la imitación de modelos e implantación de valores ajenos y la distancia con la academia y de las instituciones estatales con estos materiales y técnicas.

La construcción con tierra es una manifestación mas de la expresión cultural de los pueblos, hace parte del arte y la técnica en el desarrollo de la humanidad y por esto esta presente en todos los lugares donde las diferentes culturas del mundo han dejado sus huellas; el problema ahora esta en la distancia que se ha presentado con el llamado "progreso" que segrega este pensamiento y funcionamiento social. Por lo tanto una de las tareas para poder llegar de nuevo a posicionarse es volver a colectivizar el conocimiento, aprovechando la academia, la ciencia y los medios masivos de comunicación.

Una situación que se evidencio en relación a este tema en



Colombia fue el sismo de Armenia en el año 1999 en la zona cafetera, en este lugar se había construido desde hacia varios siglos con Bahareque, la afectación del sismo en las construcciones de este tipo fue relativamente mínima comparada con el daño que sufrieron las estructuras con otras técnicas de hormigón y mampostería de ladrillo y bloque. Sin embargo a partir de esta terremoto surgió la necesidad de normatizar la construcción en relación al bahareque, pues con la dimensión del problema de vivienda y la situación económica propiciaron recurrir a los recursos locales con tecnologías blandas y accesibles para la solución del problema de emergencia y culturalmente por que lo pobladores de menos recursos de forma natural iniciaron la reconstrucción, volviendo a levantar sus viviendas con la técnica de bahareque; esto empujo al estado y a las entidades como la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica para que se interesasen en el tema y de allí se concreto la **Normativa para el Bahareque encementado** en Colombia, financiado por el fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero – FOREC , el haber aprobado la norma con el material de CEMENTO fue obvio por razones de mercado y de financiamiento para este nuevo producto, que si bien mejoraría algunas características estructurales, para que este tipo de propuestas se concretaran, requería tener auspicios empresariales para que el sistema fuese avalado en la sociedad.

La normativa tiene en una parte de la sociedad efectos muy positivos y de alto impacto pues facilita acceder a los sistemas financieros, permite crear propuestas de producción semi industrial que en forma masiva podrían solucionar en parte la problemática de “Hambre de Vivienda” como dice Julián Salas.

Sin embargo en nuestro contexto, si estas normas institucionalizadas no se socializan y se multiplican en la sociedad, es posible que este esfuerzo de normatizar no trascienda, ya que los errores de las malas técnicas constructivas se siguen multiplicando, pues las dificultades además de tener normas radica en la forma como se produce la vivienda en nuestros países que en gran porcentaje se da de forma espontánea a espaldas de asesores, profesionales y de los controles de las entidades reguladoras, solo si fuesen construcciones que ingresen al sistema financiero y mercantil se puede tener control y posibilidades de regular los procesos pero como la solución de las viviendas no solamente se da formalmente, la informalidad es la que desarrolla este tipo de técnicas y es también allí donde considero que es necesario tener un impacto.

LA CAPACITACION

Evaluando muchas variables sobre la problemática de la Construcción con tierra surge el diplomado de ECOSOSTENIBILIDAD Y TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA , ya que después de vivenciar lo que ocurre con el material : TIERRA y evaluar los procesos de producción de este tipo de técnicas de construcción en Colombia, emprendemos este proyecto a sabiendas de que al crear un espacio de formación empezamos a estimular este tipo de tecnologías.

El diplomado se fundamenta en tres temas claves: la sostenibilidad planetaria, la ecología y las técnicas de construcción con tierra. Es un curso con énfasis en la formación técnica integral de 320



horas, la mitad de las actividades son prácticas y con proyección social.

El diplomado desea convocar a los profesionales a nivel nacional que conocen y manejan el tema de la arquitectura con tierra desde las áreas de la arquitectura, la ingeniería, el área social y del medio ambiente y los invita a participar como docentes, creando un espacio colectivo de discusión y formación.

De forma tangencial se desea crear un equipo de personas conocedoras, inquietas y dinámicas que participen en el movimiento y paralelo a ello se busca inquietar a las instituciones que de una u otra forma participan en estas decisiones políticas para emprender la normalización de estas tecnologías y en un futuro inmediato ofrecer elementos colectivos para la regulación a partir de la acumulación de las experiencias y de un enfoque que aflore de la realidad nacional.

Como existen prejuicios con el material, el desconocimiento de las tecnologías, la ausencia de estudios y el costo de los procesos de normatización, hacen que sean muchos los obstáculos a superar. En nuestras instituciones como la Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica hay funcionarios que de forma categórica no aceptan la creación de una norma de adobe, ya sea por desconocimiento, por intereses o por simplemente posiciones radicales que están lejos de la realidad que vive el país.

Por experiencias en algunos proyectos es conocido que el tema de la voluntad política es un aval para abrir espacios que con argumentos y conocimiento de hechos tangibles facilitan la apertura mental y permiten volver a creer en el buen uso del material. Al emprender nuevas propuestas y manejar una serie de profesionales

conocedores del tema se hace factible ganar espacios públicos, profesionales y políticos para darle la dimensión a esta posibilidad de este material. Reconociendo que vivimos en sociedades poco controladoras y permisivas que tienen doble cara y hacen ver de forma positiva y negativa a la vez, para estas situaciones se facilita crear proyectos demostrativos en muchos casos autofinanciados.

Para que estas normas se puedan dar es necesario convocar a los expertos y conocedores para que dimensionemos la importancia de esta acción, pero es necesario la sensibilización de muchos sectores más como son el mercado de materiales, la calidad de los gestores y el compromiso ético profesional de los actores que participan en el proceso de producción de vivienda.

La dimensión de esta acción, conlleva el conocimiento de que los profesionales que se enfrentan a este tema en un corto plazo se encontrarán con el obstáculo en instancias formales (bancos, entidades financieras, municipalidades, aseguradoras, etc) solo el bahareque tiene espacio para realizar proyectos formales, pues los demás sistemas al no tener normativas que avalen las técnicas con este material y su uso, no garantizan la inversión del patrimonio y esto hace evidente la necesidad de realizar procesos sin desconocer la presencia de este tipo de construcciones; desde la perspectiva de nuestra realidad, de forma inmediata, se hace muy difícil convencer a las entidades públicas y financieras para que inicien este proceso de normalización, por lo tanto, de forma práctica con los asistentes al diplomado en su formación se trabaja formativamente para generar esta inquietud y de forma paralela avalar el conocimiento empírico de las diferentes técnicas



para que se estimule el estudio , la sistematización y al final se logre la convergencia y en un corto plazo se validen estos procesos con posibles consecuencias como seria crear las normas a partir de la necesidad misma.

Estas acciones que en parte deberían ser emprendidas por parte del estado, de las universidades y las instituciones educativas, no han sido asumidas, por los prejuicios con el material y el desconocimiento del tema.

Con el conocimiento y la experiencia de vivir en este continente y dimensionar la problemática real de la vivienda llego el momento de buscar diversas alternativas, dejar de lado los prejuicios y mirar con otra óptica materiales tan generosos como son la tierra, la madera y la piedra.

Con esto argumentos llego el momento de avalar de diferentes maneras las técnicas de construir con tierra, se puede partir de la formalidad pero con la urgencia de nuestro continente existen mas caminos para la solución del problema de la vivienda , es necesario comenzar por reposicionar estos sistemas, revalorar el material, capacitar profesionales, realizar mas proyectos demostrativos, sin olvidar la instancias políticas de normalizar las técnicas pues aunque se sabe que ello mejoraría sustancialmente la calidad de vida de nuestros pueblos , no se puede esperar sin dejar de actuar pues el puente cultural del conocimiento puede desaparecer.

Aunque la norma en algunos sectores se visualiza como una solución en aspectos netamente económicos, considero que también tiene un valor en el compromiso de cada habitante con el planeta y que se enfoca en mejorar la calidad del hábitat, la sostenibilidad planetaria y la convivencia del hombre con el

medio ambiente, la tierra tiene un espacio muy amplio para ello.

Aunque en estos tiempos se hace indispensable ver la solución de la vivienda desde la masividad de la ciudad, es valido replantear las escalas menores de los pueblos, de las poblaciones rurales, de las soluciones creativas y particulares que estimulan la creatividad y donde el proceso de **NORMATIVIZAR** surja también como resultado de una necesidad sentida de los usuarios, de una autorregulación social.



***Lucia Esperanza Garzón C.**

Arquitecta egresada de la Universidad Piloto de Colombia, representante en Colombia del grupo de investigadores **PROTERRA**- Cyted. Profesionalmente enseña, diseña y construye con este material desde hace cerca de 15 años, ha realizado proyectos de vivienda, equipamiento comunitario con tierra en Chile y Colombia . Actualmente realiza con **Fedevivienda** (Ong.) el diplomado sobre ECOSOSTENIBILIDAD Y TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA, capacitando gestores y profesionales interesados en la construcción ecosostenible en Colombia. Reside en Villa de Leiva-Boyacá / Colombia.

luciagarzon@yahoo.com / luciaegarzon@hotmail.com, construircontierra@yahoo.es teléfono 057 1 2635

342 Profesional independiente.

BIBLIOGRAFÍA

AUTOR	AÑO	TÍTULO
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS y Fondo para la Reconstrucción y desarrollo social del Eje Cafetero – FOREC.	2002	MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO Editorial Carrera 7ª Ltda., Bogota, Colombia 63 paginas
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS y Fondo para la Reconstrucción y desarrollo social del Eje Cafetero – FOREC.	2002	MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA Editorial Carrera 7ª Ltda., Bogota, Colombia 172 Paginas.
Corporación La Candelaria	2003	CARTILLA PARA LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN ADOBE Y TAPIA PISADA Edición y Diagramación : Tangrama, Bogota, Colombia 54 paginas.

A IMPORTÂNCIA DE NORMAS TÉCNICAS NO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Célia Neves*

Resumo

Destaca a atividade de transferência de tecnologia no contexto do desenvolvimento tecnológico e descreve o mecanismo de transferência, identificando aspectos e instrumentos comumente empregados para a difusão e implantação da tecnologia de arquitetura e construção com terra.

Ressalta a importância das normas técnicas no ambiente de geração e transferência de tecnologias apropriadas a viviendas de interesse social. Apresenta o Projeto PROTERRA e relata suas ações no que se refere a transferência de tecnologia, principalmente na questão de normalização.

Considerações sobre a arquitetura e construção com terra

A construção com terra¹ têm mostrado sua versatilidade através dos séculos. Em todos os recantos do mundo, as técnicas construtivas surgiram em quase todas as civilizações do passado e expandiram-se através das invasões e colonizações, comuns na história da Humanidade. As técnicas nativas uniram-se às técnicas trazidas pelos

Resumen

Se destaca la actividad de la transferencia de tecnología en el contexto del desarrollo tecnológico y se describe el mecanismo de la transferencia con la identificación de los aspectos y de los instrumentos eficaces para la difusión e implantación de la tecnología de la arquitectura y construcción con tierra.

Se resalta la importancia de las normas técnicas en el ambiente de la generación y transferencia de tecnologías adecuadas a viviendas de interés social. Se presenta el Proyecto PROTERRA y se relatan sus acciones en lo referente a la transferencia de tecnología, principalmente en el tema de la normalización.

estrangeiros e, com variadas combinações entre elas, passaram pelas devidas adaptações técnicas e culturais para atender às necessidades do Homem e de seu Ambiente Construído. Os antigos souberam como explorar as boas propriedades da terra e utilizá-la em belíssimas construções, muitas das quais sobreviveram até a atualidade, desafiando séculos da ação abrasiva de ventos e chuva.



Figura 1 – Fortaleza de Bam – Irã



Figura 2 – Cidade de Chanchán – Perú

*Eng^a Civil, Mestre em Engenharia Ambiental Urbana, Coordenadora do Projeto de Investigação PROTERRA/HABYTED/CYTED; investigadora do CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento; Universidade do Estado da Bahia. Coordena e participa de projetos dirigidos a construção de viviendas de interesse social com atividades em estudo de materiais, desenvolvimento de sistemas construtivos, avaliação de desempenho e pós-ocupação e transferência de tecnologia. Autora e co-autora de mais de 50 trabalhos publicados. Km 0 da BA 512; 42800-000 Camaçari - BA - Brasil
Tel: (55 71) 379 3506 Fax: (55 71) 632 2095 cneves@superiq.com.br



As primeiras notícias sobre tentativas de formulação da tecnologia de construção com terra ocorreram no final do Século XIX, quando também se iniciaram investigações científicas sobre o assunto. Já no Século XX, a partir de promissores resultados obtidos do comportamento de misturas compactadas de terra e cimento, desenvolveram-se também investigações sobre o uso de terra estabilizada com aglomerantes químicos para a fabricação de tijolos e blocos prensados ou compactados e a execução de paredes monolíticas (taipa, taipa de pilão, *tapia*) (Neves, 2004b).

As contribuições para o avanço de tecnologia de construção com terra são inúmeras, vêm de todas as regiões do mundo e de profissionais de diversas áreas, estimulados, criativos e extremamente dedicados. Nos países ibero-americanos, existe um intenso e árduo trabalho desses especialistas na busca de aperfeiçoar e incentivar o uso da terra como material de construção.

O desenvolvimento de tecnologias para produção de habitações, assim como a da arquitetura e construção com terra, ocorre, em geral, nas instituições de pesquisas e nas universidades. Sua produção é bastante diferenciada em cada local pois procura atender, com prioridade, as demandas regionais. O processo de desenvolvimento compreende ciclos com atividades de criação ou aperfeiçoamento, transferência e avaliação, sendo que, em cada ciclo, se promove o avanço da tecnologia (Neves, 1992).

Um dos grandes entraves que se verifica nesse processo é a difusão dos conhecimentos gerados, ou seja, a transferência da tecnologia. Por um lado, quase não existem instituições com a finalidade específica de difusão e aplicação de tecnologia, esta tarefa é geralmente realizada pela própria equipe

geradora de tecnologia, que nem sempre está preparada para atender à complexidade da atividade de transferência, que envolve tanto a comunidade técnica quanto a população em geral. Com o objetivo de promover uma reflexão sobre o tema, este artigo apresenta as atividades do PROTERRA relativas à transferência de tecnologia e seu comprometimento com a normalização da arquitetura e construção com terra nos países ibero-americanos.

O Projeto PROTERRA

Em 1991, o *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo - CYTED*, dentro do *subprograma Tecnologia para Vivienda de Interés Social*, identificado como HABYTED, implantou a Rede Temática HABITERRA com o objetivo de sistematizar o uso da terra na produção de habitações de interesse social através da recopilação da tecnologia já existente, catalogação das técnicas construtivas, normalização e difusão dos conhecimentos. A rede temática HABITERRA contribuiu significativamente na difusão da arquitetura e construção com terra, notadamente na identificação de especialistas e técnicas utilizadas nos países ibero-americanos, no intercâmbio destas informações através dos seus representantes e na divulgação da tecnologia através de cursos e publicações diversas.

Em 2001, foi criado o Projeto de Investigação PROTERRA, em continuidade às atividades da Rede HABITERRA. Ampliou-se o número de especialistas, agregaram-se novas atividades e, principalmente, renovaram-se as esperanças e lutas para proporcionar, no contexto tecnológico, habitações mais dignas para uma população carente. Assim, o PROTERRA veio no sentido de



divulgar e aplicar o conhecimento disponível sobre o uso da terra como mais uma alternativa para o enfrentamento do nosso grande déficit no que se refere à produção de habitação de interesse social.

Atualmente o Proterra conta a participação de 66 membros provenientes de 17 países ibero-americanos com o seguinte perfil: 43% desenvolvem sua principal atividade profissional em universidades; 17% em instituições de pesquisas e extensão; e 40% em escritórios de arquitetura e outras empresas públicas ou privadas, inclusive ONGs, voltadas aos programas de construção de viviendas de interesse social.

Este grupo diversificado de profissionais formado por acadêmicos e pesquisadores, que dominam o conhecimento, e por outros profissionais, que dominam a técnica, compõem um ambiente extremamente favorável ao intercâmbio de informações e experiências que, seguramente, proporciona a divulgação, a transferência, o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia.

O resgate e o avanço da tecnologia são preocupações constantes do PROTERRA desde seu início. Para alcançar estes objetivos, entre outras ações, foram criados grupos de trabalho, ou comissões, voltados à uniformização de linguagem entre os profissionais de diferentes formações e de vários países, à elaboração da base tecnológica necessária para a normalização e definição de especificações técnicas.

A transferência tecnológica é dirigida à capacitação de profissionais e técnicos e ao desenvolvimento do suporte tecnológico, principalmente no que se refere às normas e procedimentos de execução. As ações,

desenvolvidas em caráter voluntário por membros do PROTERRA e compatíveis com as necessidades de cada país, visam apoiar os setores públicos e privados e concretizam-se a partir de solicitações de organismos de países ibero-americanos interessados e envolvidos em programas de construção de viviendas de interesse social.

Considerações sobre o mecanismo de transferência de tecnologia

No intuito de sistematizar o processo de transferência de tecnologia, o PROTERRA adota o agrupamento das instituições e profissionais envolvidos em arquitetura e construção com terra em duas classes específicas – os produtores de tecnologia e os consumidores, ou usuários – com as seguintes características (Neves, 2004a):

- produtores de tecnologia são todos os profissionais e instituições que atuam na área de pesquisa e ensino, cujo interesse maior é conhecer os objetivos, metodologias adotadas e resultados das pesquisas realizadas, ou seja, a Ciência;
- usuários de tecnologia que correspondem aos setores públicos, privados e outros usuários de maneira geral cujo interesse é utilizar os produtos desenvolvidos em benefício próprio ou da comunidade, ou sejam, as técnicas.

Em ambas as classes, a transferência de tecnologia ocorre através de ações que podem agrupadas como atividades de difusão e de aplicação, tanto das técnicas construtivas como do conhecimento científico, conforme demonstrado na tabela 1.

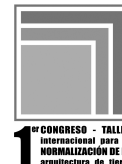


Tabela 1 – Atividades de transferência de tecnologia

Natureza da transferência	Classe	
	Produtores	Usuários
Difusão	divulgação de resultados científicos	divulgação de técnicas e de empreendimentos realizados
Aplicação	elaboração de normas e recomendações técnicas	capacitação para o uso de técnicas

Na atividade de difusão, apresentam-se resultados técnicos e científicos ou de realizações práticas, demonstrando exemplos ou as possibilidades de uso de técnicas em diversas situações, e a apropriação das técnicas a situações particulares, quando necessária.

No segmento de aplicação, os objetivos são distintos para as classes de produtores e usuários. Considera-se, no meio produtor de tecnologia, a atividade de aplicação resultante da integração entre pesquisadores e/ou instituições para elaboração de procedimentos que forneçam os fundamentos teóricos necessários para a utilização das técnicas. Para os usuários da

tecnologia, no entanto, a aplicação corresponde ao ensinamento das técnicas construtivas, considerando todas as condições inerentes a cada situação. Para esta classe, a transferência ocorre em pontos isolados e sua continuidade depende muitas vezes do sucesso de cada experiência.

Instrumentos de Transferência de Tecnologia

Os mais diversos instrumentos para a transferência de tecnologia são utilizados em função da classe que se pretende atingir e da expectativa (Tabela 2).

Tabela 2 – Instrumentos de transferência de tecnologia (Neves, 1987)

Natureza da transferência	Classe	
	Produtores	Usuários
Difusão	Publicações: § Livros § Revistas especializadas § Boletins Técnicos Internet Exposições: § Encontros técnicos § Apresentação de projetos de pesquisa	Publicações: § Cartilhas § Folhetos Internet Exposições: § Palestras § Vídeos § Painéis
Aplicação	Recomendações técnicas Normas técnicas	Cursos Assessoria e Assistência Técnica para: § Setor público § Setor privado § Comunidades § Usuários



A difusão para a classe produtora de tecnologia é realizada mediante instrumentos já existentes, veiculados normalmente nas áreas afins: apresentação de trabalhos em encontros técnicos, publicações em revistas especializadas, boletins técnicos, relatórios técnicos e outros. Outra forma de difusão corresponde à discussão entre técnicos especializados, dos projetos de pesquisa durante a fase de avaliação dos resultados, geralmente em eventos como Mesa Redonda, em que cada especialista apresenta os fundamentos, metodologia e resultados obtidos de seu trabalho.

Quanto a uma difusão mais abrangente para os usuários de tecnologia, os instrumentos mais utilizados são as publicações – cartilhas e folhetos – vídeos, palestras, etc. Para uma difusão mais efetiva, só que de caráter particular, faz-se o atendimento a todos interessados através de entrevistas e correspondências.

Ressalta-se a importância da tecnologia de comunicações no avanço da transferência de tecnologia: as redes via internet, as páginas web e o correio eletrônico permitem encontrar e contatar pesquisadores e demais profissionais, trocar informações e conhecimentos, num mundo atemporal, sem fronteira e sem distâncias, inimaginável em gerações próximas passadas.

Dentro da modalidade de aplicação da tecnologia na classe produtora pratica-se a elaboração de textos, em equipe, para recomendações de procedimentos ou normas técnicas, propriamente ditas. O objetivo desta atividade é oferecer o respaldo técnico para a classe consumidora, pública ou privada, que muitas vezes é impedida de utilizar técnicas apropriadas pela falta de instrumentos para especificação, medição e controle.

A aplicação da tecnologia para a classe produtora é realizada através de cursos e prestação de assessoria e/ou assistência técnica. Os cursos são ministrados em função da clientela e algumas vezes pode ser entendido como uma forma particular de difusão (*taller*). Em alguns casos, está embutido dentro de um projeto maior de assistência técnica. De uma forma ou de outra, ele tem contribuído para formação não só de alunos como de instrutores. Encontrar formas para prestar todas as informações necessárias para capacitação dos participantes e avaliar o procedimento adotado são as preocupações constantes dos profissionais envolvidos com a transferência de tecnologia.

A assessoria e assistência técnica também é realizada da maneira mais variada possível, em função das necessidades do cliente. No caso de projeto de assistência técnica, em geral, inicia-se pela concepção do projeto arquitetônico, adequado à técnica que se vai utilizar, seguido de assistência à execução da obra.

Ações do Proterra relativas a transferência de tecnologia

O compromisso do PROTERRA em divulgar e aplicar o conhecimento disponível sobre o uso da terra para a produção de habitações de interesse social implica também, entre outras ações, o apoio técnico às instituições promotoras de programas de construção. Neste sentido, é essencial a indicação dos requisitos e critérios necessários para o projeto, a produção e o controle das construções, que correspondem às recomendações para a elaboração de especificações e normas técnicas.

Em agosto de 1995, a Rede HABITERRA publicou *Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de*

edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento (HABITERRA, 1995). Faltava, porém, estabelecer os requisitos e critérios para as construções em que se combina a terra com madeira, bambu, varas, palha, fibras e outros materiais fibrososⁱⁱ generosamente oferecidos pela Natureza.

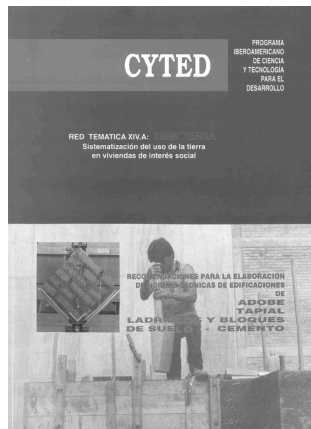


Figura 3 – Publicação HABITERRA

Assim, em dezembro de 2003, o Proterra publica *Técnicas Mixtas en Construcción con Tierra* (PROTERRA, 2003b), um livro composto de artigos de diversos especialistas e um texto que trata de recomendações para a elaboração de normas técnicas de edificação com técnicas mistas de construção com terra

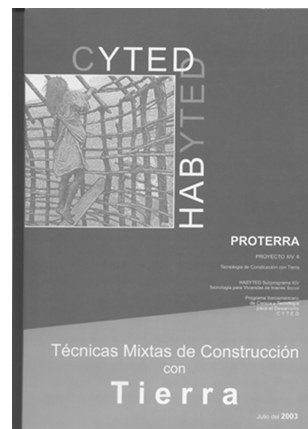


Figura 4 – Publicação PROTERRA

Nesta época, também foi gravado o primeiro CD da Biblioteca Eletrônica PROTERRA (PROTERRA, 2003a) com a editoração digitalizada de *Técnicas Mixtas en Construcción con Tierra*, o Catálogo da Exposição Construção com Terra, os anais do I SIACOT, além das publicações HABITERRA e a edição revisada em versão digital, inédita, de *Arquitectura de Tierra em Iberoamérica*, entre outras.

Estas publicações visam, além da difusão da tecnologia, fornecer fundamentos para elaboração de normas técnicas nos diversos países de modo a proporcionar a aplicação das técnicas de construção com terra.

Além disso, o PROTERRA realiza projetos demonstrativos participando de *talleres* para demonstração e capacitação de técnicas de construção com terra, promove exposição com

apresentação de painéis sobre experiências realizadas nos países ibero-americanos, após eventos e realiza projetos demonstrativos. Anualmente, promove o SIACOT – Seminário Ibero-Americano de Construção com Terra cujo objetivo é divulgar as investigações e outras atividades realizadas no âmbito da arquitetura e construção com terra.

Além das publicações já citadas, o PROTERRA, através de seus membros, desenvolve outras atividades voltadas à normalização. Entre estas, pode-se citar:

- em Ecuador, participa do *Comite ecuatoriano de normativa de construcción de 1 y 2 pisos, subcomite de normativa en tierra*;
- em Brasil, na Universidade Federal da Paraíba, está em desenvolvimento um projeto de pesquisa que estuda a resistência de paredes de terra no sentido de criar as bases para o cálculo

estrutural em região não sujeitas a abalos sísmicos;

- em Peru, em maio de 2004, apóia o SismoAdobe2005: Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas com

objetivo de discutir a importância dos códigos de desenho na formalização da construção com adobe e a participação das instituições governamentais na construção de viviendas de adobe en áreas sísmicas



Figura 5 – Taller em Assunção, Paraguay



Figura 6 – Taller em Santa Fe, Argentina

Considerações Finais

La carência de normas ciertamente está asociada a la autoconstrucción, a la ausencia de intervención profesional tanto en la etapa del proyecto como durante la construcción, al desconocimiento de los ingenieros y arquitectos acerca de las tecnologías de construcción en tierra y a la poca importancia que a nivel de investigación se le dado a este materialⁱⁱⁱ.

A transferência de tecnologia é sensível a muitos fatores, inerentes ou não da própria tecnologia. Constata-se que, um dos grandes obstáculos à implantação de arquitetura e construção com terra, principalmente em programas massivos de viviendas de interesse social, tem sido a deficiência de normas técnicas que dão suporte ao projeto e à construção.

Cada país tem seu próprio processo para normalização que é

concretizado através de grupos de estudos, comitês, instituições públicas, instituições privadas, entre outras modalidades. O projeto PROTERRA, atuando como organismo de transferência em quase todos os países ibero-americanos, respaldado por especialistas nas diversas atividades relativas a tecnologia de construção com terra, busca reunir as informações básicas para a elaboração de normas, tanto na etapa do projeto como na de construção e disponibilizar, através de publicações, aos profissionais envolvidos com a elaboração de normas técnicas em seu país.

Com este aporte, o PROTERRA espera proporcionar a valorização da arquitetura e construção com terra nos países ibero-americanos, tanto no meio acadêmico como no meio dos profissionais e outros usuários da tecnologia.



E mais, as atividades do projeto Proterra respondem ao crescente interesse de toda Sociedade pela utilização de tecnologias de baixo impacto, tendo em vista o esgotamento de algumas matérias-primas e a preocupação com os danos ambientais gerados em suas

extrações. A arquitetura e construção com terra corresponde, na atualidade, a uma excelente possibilidade de aliar o manejo apropriado e sustentável do ambiente natural, com o conforto e baixo custo do ambiente construído.

Bibliografía

- | | | |
|-------------------------------------|-------|---|
| HABITERRA - CYTED | 1995 | RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES DE ADOBE, TAPIAL, LADRILLOS Y BLOQUES DE SUELO-CEMENTO. HABITERRA, La paz, Bolivia. 110 p. |
| NEVES, Célia M ^a Martins | 1992 | TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA: A QUESTÃO DA HABITAÇÃO POPULAR NO BRASIL. Boletim técnico do CEPED v.7, n.1, Camaçari, Brasil. p 60-65 |
| NEVES, Célia M ^a Martins | 1987 | METODOLOGIAS APLICADAS PARA TRANSFERÊNCIA DAS TECNOLOGIAS DE CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS DESENVOLVIDAS PELO CEPED. In: Simpósio sobre produção e transferência de tecnologia em habitação: da pesquisa à prática, Anais. v.2. IPT, São Paulo, Brasil. p.573-580 |
| NEVES, Célia M ^a Martins | 2004a | MECANISMOS PARA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA HABITAÇÃO E A EXPERIÊNCIA DO PROJETO PROTERRA. In: Seminario iberoamericano de construcción con tierra. La tierra cruda en la construcción del hábitat. 3. Memória. PROTERRA/CRIATIC, San Miguel de Tucuman, Argentina. p. 437-449. |
| NEVES, Célia M ^a Martins | 2004b | RESGATE E ATUALIZAÇÃO DO CONSTRUIR COM TERRA: O PROJETO PROTERRA. In: Conferência latino-americana de construção sustentável, 1, Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 10. Anais, São Paulo, Brasil, CD Rom ISBN 85-89478-08-4 |
| PROTERRA | 2003a | TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. CYTED/HABYTED, Brasil. 1 CD-ROM |
| PROTERRA | 2003b | TÉCNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. CYTED/HABYTED, Brasil. 350 p. ISBN 85-904015-1-0 |

ⁱ Na Arquitetura e Construção com Terra – denominação dada a toda produção arquitetônica que emprega o solo como o principal material de construção – ele recebe denominações diversas tais como terra crua, terra sem cozer, terra para construir, porém, o usual e adotado neste trabalho, é o termo **terra**, que corresponde ao solo apropriado para construção. O termo solo é usado principalmente quando envolve classificações e caracterizações, que também são adotadas em outros campos da Engenharia, assim como são os termos como solo-cimento, solo-cal e solo estabilizado, entre outros.

ⁱⁱ O Proterra adotou a denominação **técnica mista** para este espetacular sistema construtivo que reúne grande variedade de materiais e técnicas de execução e é conhecido como taipa-de-sopapo ou simplesmente taipa no Brasil, denominado *quincha* na Argentina, *bahareque* em outros países e entramado no meio técnico.

ⁱⁱⁱ Comentário extraído da introdução de *Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento.*



ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL URUGUAY Arq. Rosario Etchebarne *

Explicaremos en esta ponencia, algunos aspectos sobre el camino recorrido en el Uruguay hacia la conformación de una normativa para el uso de la tierra como material de construcción.

- ANTECEDENTES

CONSTRUCCIÓN CON TERRÓN

En el Uruguay, la Arq. Alderton se dedica a la construcción con terrón. Ella explica que se denomina "terrón", al mampuesto de tierra con pasto y a la técnica constructiva que implica apilar los mampuestos uno sobre otro en el muro.

La construcción con terrón, es una técnica tradicional ancestral. Por su facilidad de ejecución, puede ser utilizada por mano de obra no especializada. Se realiza con las manos y una herramienta simple: pala chata y afilada.

No lleva procesos de producción, no consume energía y no contamina. El material se encuentra disponible en la naturaleza. Da como resultado edificios fuertes, sanos y durables.

La técnica del terrón se utilizó en distintos lugares del mundo para construir: muros de contención, diques, puentes, murallas, obras de

defensa, fortalezas, edificios públicos y religiosos. En Méjico y zonas de clima tropical, se denomina "**Tepetate**": mampuesto de tierra laterítica (tierra roja, con óxido de hierro), que se extrae de hasta 5m de profundidad.

Se cortan los terrones con una pala chata, bien afilada. El tamaño es de 0,60m x el ancho de la pala x la profundidad de la pala para los terrones de la primer hilada, y se va achicando el tamaño a medida que el muro sube, ya que la cara interior se mantiene a plomo vertical, pero la cara exterior se va inclinando hacia adentro. Los muros son mas anchos en la base que en la parte superior para darles mayor estabilidad. Se cortan los cuatro costados del terrón y se arranca la cara inferior, haciendo un movimiento de palanca con la pala.

En el medio rural, los pobladores solían hacer sus ranchos de terrón, con techo de quincha y pisos de cupí, hasta que, durante los años 70 y 80, se realizó en el Uruguay una fuerte campaña de "erradicación de la vivienda rural insalubre", y se demolieron la gran mayoría de las viviendas de tierra existentes.

foto 1y2 -obra ARQ. CECILIA ALDERTON

* Arq. Rosario Etchebarne Scandroglia – CAPACITACIÓN EN ARQUITECTURA DE TIERRA.

- Arquitecta egresada de la Universidad de la República – Uruguay. Es Profesor Adjunto , coordinadora del Area Tecnológica de la Facultad de Arquitectura – Universidad de la República en la ciudad de Salto (al norte de Montevideo).
- Es responsable de la capacitación y transferencia tecnológica de 3 proyectos de diseño y construcción con tierra, financiados por el Ministerio de Vivienda del Uruguay: LA TABLADA (Salto) , GUYUNUSA (Canelones) y VAIMACA (Montevideo).
- Es co autora de la publicación del libro: Manual de construcción con tierra – Año 1997.
- Integra el Proyecto de Investigación **PROTERRA** del Programa Iberoamericano CYTED.
- Participa del Convenio firmado en octubre 2001 entre la Universidad de la República – Uruguay y la Escuela de Arquitectura de Grenoble, CRATerre – Francia.
- Coordinó la organización de 6 eventos en el Uruguay sobre, desde 1995 al 2003.
- Construyó 10 casas en tierra desde el año 1994 al 2001 para clientes particulares en Salto.
- En julio de 2004 impartió tres cursos prácticos de verano en Valladolid – España. En febrero 2005 construye una casa de adobe y fajina en la Ciudad de Paysandú.



CONSTRUCCIÓN CON ADOBE

En el año 1994 construimos las 2 primeras casas: Casas Cueto de 55 m2 cada una. Se elige la técnica del adobe por parecernos la más fácil para el área urbana de Salto. Se hacen varios ensayos en el pisadero de una ladrillera cercana. Nos basamos en información latinoamericana. Los ensayos de los adobes los realizamos en el laboratorio de la Facultad en Montevideo. El adobe es de 40 x 17 x 10 y se utiliza tierra arenosa.

Ya en el 95 nos integramos a Habitierra de Cyted, donde participamos intensamente de sus cursos. Nos asesoramos de la normativa vigente.

Los textos de cabecera pasan a ser los Manuales editados por Craterre – Grenoble (Francia).

La investigación teórica es necesaria para resolver lo que nos va demandando la práctica.

Con financiación del Banco Hipotecario se diseña y construye la Casa Sierra Carrere de 200 m2. Se pasa del muro portante de adobe a un lenguaje donde dialoga la tierra con la madera, el perfil de hierro y componentes de hormigón.

En el año 1997 construimos la Casa Rapetti de 100 m2. Se introduce el adobe curvo a modo de encofrado perdido para la viga de entrepiso. Todo el sistema se racionaliza. El rústico de la casa se resuelve en 62 jornales de 2 personas. Siempre la planta baja es de muros de 40 cm. y la alta de 20.

Después de 4 años de profundo conocimiento del material y la técnica de adobe, presentamos el sistema constructivo al Banco (BHU) y finalmente, luego de 4 años de gestión, es aprobado en febrero del

2002. En los recaudos de presentación del sistema, el rubro más polémico y difícil de resolver es el de los revoques y revestimientos. Es indudable que el agua moja la tierra y esta se derrite en un período más o menos duradero. Solamente a través del diseño podemos resolver el tema del agua. Controlando la dimensión de aleros, aplicando otros materiales en los paramentos como piedra, ladrillo, madera o a través de revoques de cal y adición de cemento, resolvemos el sistema hidrófugo.

En la Casa Bimson terminada en el 2001, diseñamos la casa en adobe con muros de 17 cm. de ancho y luego otro muro de 17 cm. de adobe cocido por el exterior. Se resolvió así, la protección frente al agua. La ubicación urbana de la casa no permitía aleros más grandes. Se pudo jugar con algún efecto plástico en los encuentros.

Con la construcción de las 4 Casas Habitierra se habilita la bioconstrucción como sistema a financiar por organismos del Estado, en este caso intervienen los Ministerios de Vivienda e Interior y el BHU nuevamente.

foto 3 -obra ARQ. ROSARIO ETCHEBARNE

CONSTRUCCIÓN CON FAJINA

foto 4 –PROYECTO INVESTIGACIÓN
Durante el 2001 la arq. Gabriela Piñeiro desarrolló una investigación a partir de la cual diseñamos los prototipos Vaimaca y Guyunusa. Esta investigación tiene como finalidad cumplir el siguiente objetivo general: comprobar la eficiencia de los paneles de fajina como sistema constructivo de bajo costo, desde el punto de vista de la durabilidad, la aislación térmica y acústica, para poder ser utilizados como técnica base de un sistema racionalizado en viviendas de interés social.



El panel de fajina consiste en una estructura independiente de madera que recibe una trama de cañas o listones, a la cual se aplica un relleno de barro estabilizado en estado plástico.

Preparamos el barro en un pisadero de 2 metros de diámetro con contrapiso de hormigón y paredes de tablas de encofrado pintadas con aceite quemado (altura 45 cm.). Colocamos en capas sucesivas, la tierra seca y la paja húmeda (entre 3 y 5 días en agua), así la paja queda flexible y permite mayor adherencia y trabajabilidad con la tierra. Se remoja, se mezcla y luego se pisa. Dejamos reposar la tierra mezclada y en estado plástico, 2 días. Es necesario mantener la humedad indicada para el estado plástico.

Las proporciones (en volumen)que utilizamos:

Primer embarrado = 4 tierra + 1 paja
Segundo = 4 tierra + 2 estiércol + 1 arena gruesa.

La estrategia radica en articular la investigación científica realizada desde la Universidad con la construcción privada. Desde aquí se implementa la transferencia hacia la

población y hacia el poder de decisión.

En Uruguay se ha autorizado la tecnología de adobe y de fajina desde:

- Los Municipios.
- El Banco Hipotecario
- Los Ministerios

Para alcanzar este objetivo, luego de construídos los paneles se los somete a diferentes ensayos destructivos y no destructivos. Trabajamos en colaboración con el Laboratorio de Ensayos de Aberturas y Cerramientos LEAC de la Facultad.

Ensayo de permeabilidad al agua. Referencia: ME15 " Determinação da estanqueidade a agua de paredes externas" del IPT-San Pablo(Brasil).

ME LEAC 01 – " Ensayo de penetración de agua de lluvia".

Ensayo de impacto de cuerpo blando. Referencia:

ISO 7892 – " Vertical Building elements – impact resistance test – impact bodies and general test procedures".Desempenho structural relatório tecnico Nº 33800 – " impactos de corpo mole" del IPT.



foto 1 - obra ARQ. CECILIA ALDERTON



foto 2 - obra ARQ. CECILIA ALDERTON



foto 3 - obra ARQ. ROSARIO ETCHEBARNE



foto 4 - PROYECTO INVESTIGACIÓN



CONSIDERACIONES TIPOLOGICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS HISTÓRICAS DE TIERRA.

Luis Fernando Guerrero Baca*

Resumen

En la presente ponencia se analiza la problemática de la caracterización de los materiales utilizados para la conservación y restauración de la arquitectura tradicional de tierra. Se evidencia la dificultad derivada de la búsqueda de soluciones estandarizadas para la intervención en estructuras térreas y la necesidad de realizar estudios casuísticos de ejemplos históricos y tradicionales como base para la identificación de materiales y sistemas constructivos adecuados. Se propone la aplicación de la tipología arquitectónica como una herramienta que permite conocer de manera sistemática los rasgos más significativos del medio construido, y que fundamenta la generación de propuestas en las que se tomen como punto de partida para ser desarrollados bajo nuevos parámetros.

Palabras clave

Tipología arquitectónica, *tipo*, patrimonio construido, bienes inmuebles, arquitectura vernácula, caracterización material, sistemas constructivos, técnicas tradicionales.

Introducción

* Arquitecto (UAM-Azcapotzalco), Maestro en Arquitectura (ENCRyM-INAH), Doctor en Diseño con Especialidad en Conservación Urbana y de Inmuebles Patrimoniales (UAM-Azcapotzalco). Investigador Nacional Nivel del SNI. Coordinador del Comité Científico de Tierra del ICOMOS-México. Profesor-Investigador y Coordinador del Doctorado en Ciencias y Artes para el Diseño. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Tel. (55) 5483 7232. E-mail: luisfg1@prodigy.net.mx; lfgbaca@c.uam.mx.

Cuando se enfrenta la búsqueda de respuestas que pretenden revertir los daños y deterioros que sufren las estructuras de tierra con el paso del tiempo, se tiene que tomar en cuenta una serie de requerimientos que se relacionan con aspectos teóricos de la restauración así como con diversos problemas derivados de las características intrínsecas de los materiales térreos.

A pesar de las décadas transcurridas en el desarrollo y discusión de fundamentos conceptuales para la conservación del patrimonio construido, siguen existiendo serias lagunas en determinados campos. Algunas de ellas tienen que ver con la óptica desequilibrada con que se han verificado los procesos de valoración de los diferentes bienes culturales. Mientras que para los que conforman el selecto grupo de los llamados "monumentos" no se evidencia ninguna duda acerca de sus cualidades, existe una enorme cantidad de inmuebles que por sus dimensiones, su escasa singularidad, el anonimato de sus autores, su fecha de elaboración o la sencillez de sus formas y materiales, no han sido considerados patrimoniales, por lo que no cuentan con ningún tipo de protección.

En este grupo se encuentra el vasto campo de la arquitectura histórica y vernácula de tierra que, a pesar de su remoto origen y de seguir vigente como parte del modo de vida de comunidades tradicionales de nuestro país y muchos otros del mundo, no ha recibido el lugar que merece como herencia del pasado.

Esta falta de valoración por parte de la sociedad, de los grupos académicos y de las instituciones encargadas de la protección de

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



patrimonio histórico, incide directamente en la pérdida que cotidianamente se tiene de estructuras urbanas y rurales que son testimonio de nuestra diversidad cultural.

“Mucho se ha escrito y se habla acerca de la conservación del patrimonio histórico como una forma de salvaguardia de la identidad de las naciones. Cada vez con más frecuencia se realizan inventarios y estudios históricos, se crean grandes museos para su almacenaje y cuidado, y se llevan a cabo notables acciones de restauración de toda escala. Sin embargo, ese patrimonio que está vivo entre nosotros y que contiene gran parte de la sabiduría de nuestros antepasados; esos objetos, formas de vida, costumbres y construcciones tradicionales, se van dejando morir sin que nadie haga nada por evitarlo.”

“La arquitectura vernácula se vuelve relevante dentro de la cultura tradicional por ser continente de un sinnúmero de experiencias locales, pero enfrenta su extinción por diversas razones entre las que destacan: el creciente desprecio de los usuarios al considerarla poco moderna, la falta de interés en su estudio por parte de los arquitectos contemporáneos y escuelas de arquitectura y la especulación territorial y edilicia”.(Guerrero, 1994:3)

El deterioro y destrucción de este patrimonio no sólo es grave por la pérdida de las evidencias constructivas que conlleva sino que además impacta en la falta de valoración del pasado en general. Las sociedades tradicionales que durante milenios debieron su subsistencia a la construcción y recreación de costumbres milenarias, al ir perdiendo sus manifestaciones materiales cada vez desprecian más su pasado y su cultura, hasta transformar su medio en una copia mal

hecha de realidades totalmente ajenas a su idiosincrasia.

Día con día podemos ver la destrucción de estructuras prehispánicas, restos de haciendas, presidios, conventos y templos hechos de tierra. Innumerables viviendas vernáculas de poblados rurales son sustituidas por esquemas edilicios radicalmente ajenos ecológica y económicamente a los sitios en que se ubican. Los materiales y sistemas constructivos industrializados desplazan a los tradicionales con la consecuente alienación de las comunidades, la dependencia de productos comerciales y la pérdida de la calidad de vida, en aras de un mal entendido progreso.

Para tratar de revertir esta desafortunada tendencia se hace necesario, por una parte, el desarrollo de estudios que ayuden a recuperar su sabiduría tradicional que paulatinamente se va perdiendo y, paralelamente, el establecimiento de acciones que permitan dar elementos conceptuales a los grupos sociales tradicionales para que comprendan los valores de la arquitectura histórica y vernácula, además de la aportación de conocimientos técnicos que subsanen las limitaciones presentes en algunas construcciones antiguas.

En este camino se insertan las propuestas de la tipología arquitectónica, disciplina que procura equilibrar la búsqueda de satisfactores generales aplicables a cualquier caso, con la inercia hacia la especialización puntual y meramente técnica de soluciones. Se basa en el análisis y síntesis de conceptos que históricamente han formado parte del pensamiento arquitectónico tradicional para ser transformados en función de las necesidades emergentes.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



El presente trabajo, además de describir las limitaciones materiales de la restauración de la arquitectura de tierra, plantea una serie de conceptos y métodos de análisis, fundamentados en la tipología arquitectónica, tendientes a mejorar la capacidad de diseño y control de las acciones de conservación. Se busca ampliar la perspectiva disciplinar, mediante la incorporación de lecturas para la valoración de los sitios históricos y tradicionales que, además de ser incluyentes de la diversidad de obras y ejemplos existentes, permitan aprender de su propia lógica de evolución para ser intervenidos.

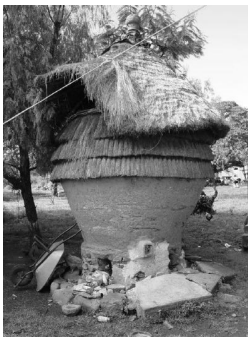


Figura 1. Tipología característica de cuescomates en el estado de Morelos

Tipología y arquitectura histórica

Con el fin de poner en relieve las posibilidades de aplicación de la tipología arquitectónica es necesario definir su campo disciplinar. Para ello se parte del análisis de su origen y la reconstrucción de su desarrollo epistemológico.

Se considera que el primer autor que planteó expresamente una formulación del concepto de *tipo* en arquitectura fue el teórico francés Antoine-Chrysostôme Quatremère de Quincy en su *Encyclopedie Methodique*, obra publicada en 1788.

Este investigador parte de la premisa de que todas las obras creadas por el hombre surgen de conceptos o ejemplos preexistentes en la historia, ya que “ningún elemento, de ningún género, proviene de la nada”. También hace ver que en toda construcción y espacio urbano, existe una “especie de núcleo” formado por “principios elementales” que se conservan, a pesar de las modificaciones o variaciones superficiales que puedan sufrir con el paso del tiempo, y señala que “una de las principales ocupaciones de la ciencia y de la filosofía (...) es investigar su origen y su causa primitiva”

Quatremère de Quincy (1832: 629) define la noción de *tipo* como un objeto o regla, del que se pueden extraer un sinnúmero de repeticiones “totalmente diferentes entre sí” ya que sus características se muestran de un modo “más o menos vago”, en contraposición con el concepto de *modelo* que es un objeto que se ha de repetir de manera rigurosa, ya que en él “todo viene dado y definido con precisión”. Concibe al *tipo* como una “idea”, pero considera que sirve “de regla a un determinado modelo”, de lo que se desprende que para el autor el *modelo* es una forma de *tipo* con rasgos limitantes.

Su definición concluye con un llamado de atención hacia aquellos que ignoran la validez de la tipología como punto de partida para la generación de proyectos, por considerar que su empleo limita la creatividad pues, como puntualiza Quatremère de Quincy, confunden al *tipo* con la idea de *modelo* que efectivamente sirve para extraer copias idénticas. “De este modo, puede afirmarse que la imitación de los *tipos* no puede recibir ningún obstáculo por

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



parte de la sensibilidad y de la inteligencia, no tiene nada que el sentimiento y el espíritu no puedan reconocer, ni puede ser criticada desde las posiciones donde se sientan la prevención y la ignorancia, como ha sucedido, por ejemplo, en la arquitectura.”

Edward Tiryakian (1977: 366) dice que “una tipología va más allá de la simple descripción (de la realidad) ya que simplifica la ordenación de los elementos de una población y sus rasgos relevantes en agrupamientos distintos; gracias a esta capacidad la clasificación tipológica se pone orden en el caos potencial de observaciones discretas, discontinuas o heterogéneas. Además, *codificar* de este modo los fenómenos permite al observador investigar y *predecir* las relaciones entre los fenómenos que no parecían estar en conexión a simple vista”.

De manera genérica se puede aceptar que la tipología consiste en el estudio de un conjunto de casos, mediante su fragmentación y comparación en función de conceptos y elementos particulares, con el objeto de conocerlos mejor, de identificar otros casos similares y de utilizarlos como ejemplo. Un *tipo* será entonces una estructura orgánica construida a partir de una serie de componentes interdependientes y ligados por diversas formas de articulación, a través de las cuales, se deja de ver al conjunto sólo como una suma de elementos, para constituirse en un todo orgánico como resultado de la “cohesión interna” de sus componentes. No se limita a un conjunto formado por la agregación de partes, por lo que su análisis se ha de centrar tanto en los componentes en sí mismos, como en las relaciones que se dan entre ellos, ya que ambos

adquieren su propio valor sólo mediante su vinculación recíproca.

Para que los *tipos* no coincidan con cada ejemplar estudiado, deben conservar cierto grado de generalidad y estar definidos a manera de configuraciones abstractas, de las que se puedan extraer datos válidos acerca de las propiedades de los diversos ejemplares que les dieron origen así como de otros casos por investigar. De este modo, un *tipo* nunca será idéntico a un determinado caso, pues resultará de la comparación de diversos ejemplos, aunque con algunos de ellos pueda presentar mayores afinidades que con otros.

La aplicación de la tipología al campo de la arquitectura histórica y tradicional permite estudiar diversas obras existentes en un ámbito definido, a partir de la identificación de sus rasgos comunes. Este análisis hace posible la construcción de series tipológicas que incluyan desde los componentes constructivos más elementales hasta la escala urbana o territorial. Así se puede conocer y caracterizar una realidad a partir del estudio dirigido hacia algunos de sus casos.

“Sólo en relación con la *tipología* es posible formular normas precisas y eficaces para la restauración de edificios. Las normas generales aplicables al conjunto de una ciudad antigua deben hacer referencia a conceptos abstractos como la «integridad», la «autenticidad», el «carácter», o vagos y opinables como el «valor artístico», la «importancia histórica», y demás, por lo que resultan imprecisos y no vinculables en cada caso. En cambio, las normas referidas a un modelo *tipológico* se hacen concretas y pueden catalogar exactamente las cosas inalterables (estructuras,

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



terminaciones, materiales), las cosas alterables y las cosas nuevas que se introducen en el organismo antiguo.” (Benevolo, 1984: 92)

Caracterización de materiales

La mayor parte de los documentos relativos a los procesos de conservación y restauración del patrimonio edificado hacen hincapié en la importancia que reviste la realización de estudios preliminares.

Estas investigaciones tienen por objeto identificar los datos históricos que presentan los inmuebles, analizar su estado de conservación y proponer un diagnóstico objetivamente fundamentado.

Sin embargo, los procesos de caracterización de la arquitectura de tierra enfrentan la particularidad de ser bastante recientes en comparación con los estudios realizados en otros materiales. Este hecho incide al menos en dos problemas. En primer lugar, se suelen utilizar los instrumentos técnicos y conceptuales de otras disciplinas para su elaboración y, en segundo lugar, tienden a centrarse de manera aislada en los materiales dejando de lado a los sistemas constructivos.

La caracterización que realiza un restaurador, un químico o un mineralogista podrá ser útil para determinados fines pero ha de ser complementada con la perspectiva de la arquitectura. Por ejemplo Chiari (1983:33-35) en su artículo sobre caracterización del adobe propone ocho tipos de análisis de materiales, pero en ningún párrafo hace referencia a aspectos relativos a los sistemas constructivos. Los resultados de microscopía electrónica, difracción de rayos X, distribución granulométrica, composición química de las arcillas o

pH, aportan datos muy interesantes sobre la tierra pero no necesariamente garantizan la realización de diagnósticos y propuestas adecuadas.

En cambio la resistencia a la compresión, la dimensión de las estructuras, su orientación geográfica, la ubicación de sus componentes así como los procesos de deterioro tienen una incidencia directa en el dictamen de estructuras térreas.

Es muy probable que si por ejemplo se analiza una piedra que fue utilizada en un edificio histórico, no tenga la menor importancia si formaba parte de un muro, una bóveda o una cimentación, por lo que el tipo de análisis que se haga de su composición puede ser relevante para su caracterización. En cambio, los rasgos y patrones de deterioro de un adobe que formaba parte del núcleo de un muro de 1,8 metros de espesor, seguramente serán muy diferentes a los de otro que sirvió de imposta para un arco del mismo edificio. Los esfuerzos, el grado de intemperización, la relación con otros componentes, su nivel de hidratación entre muchos otros factores podrían hacer pensar que se trata de dos adobes totalmente distintos y que los resultados del análisis de su composición interna probablemente no registraría.

A través de la tipología arquitectónica se pueden prever varias líneas de investigación que resultan fundamentales para el conocimiento de la arquitectura de tierra y la generación de propuestas de intervención.

Esta disciplina ayuda a evitar las investigaciones que se centran en visiones parciales de los fenómenos, ya que propicia la estructuración de sistemas. Por más adecuados que sean los datos con los que se cuente para construir o reparar materiales tradicionales, la comprensión de la

“razón de ser” de los sistemas constructivos en toda su complejidad, es lo único que puede permitir la supervivencia de las estructuras.

No debe perderse de vista el hecho de que la vulnerabilidad de la materia prima de esta arquitectura tradicionalmente ha sido subsanada mediante la articulación de una serie de componentes cuya disposición permite repartir y compartir las debilidades relativas, para formar sistemas con una resistencia comparable a la de edificios hechos con materiales más sólidos. Justamente la clave radica en este concepto de “organicidad” en el que cada componente tiene sentido y es parte sustantiva de sistemas de mayor y de menor escala. Desde los detalles arquitectónicos hasta las composiciones urbanas conforman redes en las que sus nodos se apoyan mutuamente.

A través del análisis tipológico de los edificios es posible destacar la importancia de aspectos tales como el tamaño de los adobes, sus proporciones dimensionales, el espesor de las juntas de mortero, el sistema de aparejo, el cuatrabeo, la nivelación de las hiladas, el tipo de cimentación, los recubrimientos interiores y exteriores, la presencia de vigas de arrastre, los arcos de descarga, el empotramiento de dinteles de puertas y ventanas, la verticalidad de los muros, el empleo de desagües, los encuentros en esquina, los amarres, el número de niveles, los entresijos, las cubiertas, entre otros factores.

Por otra parte, la tipología hace posible reconocer patrones de deterioro que se presentan de manera recurrente en esta arquitectura. A determinadas dimensiones o esfuerzos estructurales, bajo condiciones

medioambientales similares, es muy probable que se desarrollen fallas equivalentes en los inmuebles. Este reconocimiento puede coadyuvar a tomar las previsiones necesarias en estructuras vulnerables e incluso diseñar refuerzos complementarios que eviten su aparición.



Figura 2. Integración de un dintel en la ex hacienda de Sombrerillo, Chihuahua

Cuando se analizan las condiciones de los materiales históricos es necesario diferenciar cuidadosamente la identificación de las causas y los efectos de deterioro. Solamente a partir de un dictamen adecuado se podrán elaborar diagnósticos y previsiones objetivamente sustentadas.

Además, hay que tener presente que los daños y deterioros conforman una especie de cadenas o ramificaciones en las que muchas veces un efecto patológico puede deberse a dos o más causas. Asimismo, ese efecto puede a su vez ser causa de uno o más daños subsecuentes.

Como es sabido, la mayor parte de los problemas que presenta la tierra utilizada como material constructivo se deriva tanto de condiciones intrínsecas como extrínsecas de su origen e historia. Tratando de esquematizar por cuestiones didácticas, se puede decir

que son solamente seis los factores que han demostrado ser los que mayores daños generan en estas estructuras. Se trata de las fallas de elaboración, la falta de compatibilidad con otros materiales, la relación con el agua, la baja resistencia estructural, el abandono y las reparaciones erróneas. La adecuada atención a estos factores históricamente ha hecho posible el desarrollo y subsistencia de edificios notablemente resistentes aun ante agentes tan impactantes como pueden ser los sismos, los asentamientos del subsuelo, el viento, la abrasión por uso o las variaciones de temperatura.

Consecuentemente, al conocer los *tipos* constructivos y los *tipos* de deterioro, se puede proponer una tipología de intervenciones relacionadas directamente con éstos. De esta manera es posible subsanar una de las limitaciones de las intervenciones en el patrimonio construido que se deriva de la dificultad para aplicar por un lado, soluciones caso por caso, y por otro, la inoperatividad de implementar especificaciones “generales”.

Las intervenciones en estructuras térreas normalmente requieren la inserción de nuevos componentes debido al desgaste parcial o debilidad de los materiales originales. Sin embargo, estos trabajos de consolidación o integración, como se apuntaba en la introducción, están sujetos a dos tipos de requerimientos.

Por una parte, la teoría de la restauración hace ver la necesidad de que exista algún tipo de diferencia entre los materiales originales y los modernos, con el fin de mantener la autenticidad de las estructuras. El artículo 12 de la Carta de Venecia, documento internacional que sintetiza los postulados de la teoría de la restauración vigentes en nuestros días,

a la letra dice: “Los elementos destinados a reemplazar las partes faltantes deben integrarse armónicamente en el conjunto, distinguiéndose al mismo tiempo de las partes originales con el fin de que la restauración no falsifique el documento de arte y de historia.”

Por otra parte, se presentan las necesidades de tipo estructural. La resistencia de los componentes que se integran en una estructura antigua no puede ser superior a las capacidades de los elementos preexistentes debido a que, con el paso del tiempo, les puede ocasionar daños imprevistos. Lógicamente tampoco puede ser menos resistente pues esto no resuelve sus problemas.



Figura 3. Incorporación de adobes en la capilla funeraria de Chalchihuites, Zacatecas

De ahí la necesidad de caracterizar adecuadamente los materiales históricos con una visión de conjunto ya que los elementos que se habrán de integrar han de ser lo más semejantes estructuralmente al resto del edificio, pero con la suficiente diferencia como para poder ser identificados como complementos nuevos.

Finalmente, con la sistematización de esta información se abre la oportunidad de generar propuestas alternativas que se inserten en los procesos evolutivos de la

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



tipología y que permitan hacer cambios formales, funcionales o materiales compatibles con ellos. De esta manera, cuando se tenga que proyectar edificios para insertarse en los tejidos urbanos preexistentes, su diseño estará sustentado en los rasgos del conjunto, pero reinterpretados con respeto hacia los límites de la tipología local.

“El enfoque tipológico permite superar la estéril disyuntiva que quiere condenarnos a ignorar la experiencia histórica o a repetirla miméticamente. Al proponer una comprensión estructural de los fenómenos, despojándolos de su carácter particular y contingente, abre las puertas de la historia a la acción del pensamiento analógico, convirtiéndola así en un vasto campo de referencias de las que se nutre el proyecto. En tanto que resolución de un problema específico, el proyecto consiste entonces en la manipulación y transformación de ese sistema de referencias que son el material de base de la arquitectura. (Martí, 1993:182)

Conclusiones

Aunque los componentes minerales del suelo constructivo podrían ser considerados equivalentes (arcilla, arena, agua) tienen variaciones tan notables en su composición que desarrollan propiedades físico químicas singulares.

Más allá de la clasificación de las arcillas entre caolinitas, illitas, montmorillonitas, cloritas, haloysitas, vermiculitas, etcétera, que es útil para tener una idea general de los comportamientos esperados de los materiales, resulta que dentro de un mismo grupo mineralógico las composiciones químicas pueden variar notablemente. (Houben, 1994:27)

Lo mismo puede decirse de la arena que a pesar de ser considerada como un componente “inerte” en las mezclas térreas, la presencia de óxidos de hierro, carbonatos de calcio, micas o feldespatos generará procesos de fraguado y deterioro notablemente diferenciados. Incluso la fuente y técnicas de extracción de la arena, así como la forma resultante de sus cristales, va a influir en sus capacidades constructivas.

El caso del agua es similar. Su grado de acidez y basicidad (pH), su dureza y hasta la presencia de micro organismos marca diferencias en sus propiedades reactivas.

Y por si estas condiciones intrínsecas de cada componente no hicieran suficientemente compleja la caracterización de materiales térreos, se presenta adicionalmente el problema de su combinación. A esto habría que agregar la época del año en que se realizan, los procedimientos y herramientas utilizados, el tipo de materiales estabilizantes que tradicionalmente se agregan, el tiempo de secado, el asoleamiento, el viento, etcétera.

Evidentemente no se trata sólo de un simple asunto de proporciones relativas porcentuales. (CONESCAL, 1982:7) El problema es mucho más profundo ya que la cantidad de variables involucradas en los diferentes procesos de producción de material constructivo es extremadamente amplio.

Se supone que con sólo mezclar arcilla y arena en condiciones adecuadas de humedad se obtiene un material constructivo útil, pero la propia reacción entre los componentes químicos de la arcilla, la arena y el agua pueden hacer variar de maneras imprevistas la mezcla resultante.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



Esta diversidad genera una infinidad de posibilidades que, aunque históricamente ha demostrado que permite la elaboración de materias primas muy perdurables casi con cualquier tipo de suelo, la verdad es que no todo el patrimonio edificado con tierra posee la misma resistencia. Sus condiciones materiales pueden hacer la diferencia entre estructuras que se han conservado por milenios y otras que fueron hechas hace cincuenta años y ya están casi desintegradas.

Esta realidad podría orillarnos a pensar que para poder garantizar la posibilidad de explicar y predecir el comportamiento de los materiales es indispensable efectuar análisis químicos y mineralógicos caso por caso, y luego, una serie incontable de experimentos en los que se realicen mezclas para poder determinar proporciones adecuadas.

Aunque hay que reconocer que los resultados de este tipo de trabajos que se vienen realizando desde hace décadas en diversas instituciones nacionales y extranjeras han ayudado a comprender mejor la magnitud del problema, es evidente que resulta económica y cronológicamente impensable el desarrollo de estudios caso por caso, con una capacidad de previsión "científicamente" aceptable.

Ese camino, congruente con la forma de pensar neopositivista que impera en la mayor parte de las ciencias "duras", es muy limitado y limitante para el campo de la arquitectura.

Por una parte puede incidir en la generación de normas de calidad tan rígidas que dificulten la construcción con tierra (efecto que beneficiaría enormemente a las corporaciones productoras de cemento y constructoras de gran escala) pero

que en vez de promover el uso de la tierra como material constructivo, lo deje indefenso ante una realidad comercial que lo rebasa. Es imposible competir con las mismas reglas del mercado que poseen los materiales industrializados cuyos procesos de fabricación permiten obtener soluciones estandarizadas bajo una diversidad de ambientes.

No se trata de oponerse a los estudios sobre análisis químicos o físicos que se concretan a considerar a la tierra sólo como *materia* de construcción, sino que se plantea que deben ser complementados por visiones que la perciban como *elemento* integrante de un conjunto. Son parte de un sistema que tiene componentes a escala menor, y que a su vez ellos mismos son parte de una escala mayor.

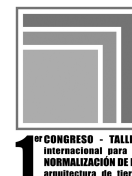
Esta óptica permite reconocer que la mayor parte de los problemas y, por tanto, de posibles soluciones para esta arquitectura, radica en la identificación de las causas reales de los deterioros en un ámbito que puede estar ligado incluso al nivel urbano o de superestructura edificatoria.

Sin embargo, esta línea de pensamiento necesariamente obliga a modificar las aspiraciones de obtener conocimientos generalizables y uniformes a escala global. Es una contradicción pretender homogeneizar respuestas constructivas que históricamente han demostrado funcionar, y que se fundamentan justamente en el conocimiento de la especificidad de cada sitio. Cada estudio y cada respuesta requiere estar claramente contextualizado.

A lo que habría que apelar es a los años de experiencia acumulada en la arquitectura patrimonial cuya antigüedad obviamente supera con creces a los datos duros que se han

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



generado en los últimos cincuenta años para los materiales modernos. El conocimiento de la tradición es el camino más efectivo para potenciar la serie de experiencias que se han desarrollado desde tiempos remotos en la arquitectura de tierra.

La ampliación de la perspectiva de análisis, así como la consideración de las técnicas constructivas como sistemas complejos, dará pie a la realización de intervenciones en las que se restablezcan algunos sectores dañados de edificios antiguos, a través del restablecimiento de sus relaciones a diferentes escalas.

Esta concepción hace necesaria la aclaración de una serie de conceptos acerca de la consideración

global de los sistemas constructivos, de la conservación de las tradiciones vivas y sobre todo, una redefinición del problema teórico que significa la necesidad de dar mantenimiento continuo a la arquitectura de tierra. Desde luego que no se trata del replanteamiento de una teoría de la restauración que sea aplicable a la arquitectura de tierra, sino la necesidad de seguir estudiando posibilidades técnicas y discutiendo su pertinencia bajo la premisa de que, a pesar de que existan categorías de casos para los que es posible proponer soluciones generales, la mayor parte de los ejemplos requerirán de adecuaciones a condiciones específicas basadas en su tipología.

Bibliografía

Benevolo, Leonardo	1984,	<i>La città e l'architetto</i> , Laterza. Bari.
CONESCAL	1982	<i>Tecnología de construcción en tierra sin cocer</i> , No. 59/60, Diciembre, CONESCAL, México D.F.
Chiari, Giacomo	1983	"Characterization of adobe as building Material. Preservation Techiques", en <i>Adobe. International symposium and training workshop on the conservation of adobe</i> , U.N.D.P/ U.N.E.S.C.O., I.C.C.R.O.M., Lima
Flores, Leonardo et Al.,	2001	<i>Algunos estudios sobre el comportamiento y rehabilitación de la vivienda rural de adobe</i> , CENAPRED, México D.F.
Garrison, James W. y E. F.Ruffner (eds)	1983	<i>Adobe: Practical and Technical aspects of adobe conservation</i> , Heritage Foundation of Arizona, Tucson.
Guerrero B., Luis	1994	<i>Arquitectura de tierra en México</i> , U.A.M.-Azcapotzalco, México D.F.
Guerrero B., Luis	2000	Conservación de la vivienda tradicional construida en tierra" en Memorias del Segundo Taller Internacional de vivienda popular, VIPO, Camagüey.
Guerrero B., Luis	2001	"Criterios de restauración de arquitectura rural de tierra", <i>Memorias del Tercer Seminario y</i>

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



		<i>Taller Iberoamericano sobre vivienda rural, CYTED-HABYTED, Santiago de Cuba.</i>
Houben, Hugo y H. Guillaud	2001	<i>Earth construction. A comprehensive guide, ITDG Publishing, London</i>
Maldonado R., Luis et Al. (eds.)	2002	Arquitectura y construcción con tierra, Ed. Mairela, Madrid.
Martí Arís, Carlos	1993	<i>Las variaciones de la identidad, Ediciones del Serbal, Barcelona.</i>
Quatremère de Quincy, Antoine-Chrysostôme	1832	<i>Dictionnaire Historique d'Architecture, vol. 2, Librairie d'Arien le Clère, París, pp. 629-630.</i>
Samanez A., Roberto	1981	"La restauración de monumentos históricos construidos con adobe y las técnicas utilizadas" en <i>International workshop: earthen buildings in seismic areas, International conference, The National Science Foundation, Washington.</i>
Teutonico, Jeanne Marie	1983	<i>The characterization of earthen building materials, National Park Service, US Department of the Interior, Washington.</i>
Tiryakian, Edward	1977	"Tipologías", en Sills, David (ed.), <i>Enciclopedia Internacional de las Ciencias Sociales, Aguilar, Madrid.</i>
Viñuales, Graciela	1981	, <i>Restauración de arquitectura de tierra, Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura del Urbanismo, Tucumán.</i>
Warren, John	1999	<i>Conservation of earth structures, Butterworth-Heinemann, Oxford.</i>

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas





INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL DE NORMATIVA PARA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Carmen Jiménez Delgado¹
Ignacio Cañas Guerreo²

Introducción

En esta comunicación se presenta el resultado de un trabajo de localización de los documentos normativos existentes para la construcción con tierra a nivel mundial. Aunque se comentan los contenidos de algunas de las normas, la aportación principal es la propia lista de normativa internacional, que presenta el estado del arte de la normalización de la tierra como material de construcción. La obtención de la misma, al ser de alcance mundial y la autoría de los documentos muy variada, ha requerido una compleja búsqueda, para la que diversas fuentes se han consultado, como bases de datos internacionales, organismos de normalización miembros de ISO, organismos de estudio y difusión de la construcción con tierra, además de basarnos en listas de normativas ya existentes. El conjunto localizado asciende a 125 referencias, que agrupamos en tres categorías. Del grupo llamado normas y reglamentos,

¹ carmenjdeldgado@upm.es

Ingeniera agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Realizando doctorado en normalización de la construcción con tierra. Departamento de Construcción y Vías rurales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Avenida Complutense s/n. 28040 Madrid.

² ignacio.canas@upm.es

Doctor ingeniero agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor titular en el departamento de construcción y vías rurales. Experto en temas de paisaje. Investigando en bioconstrucción, construcción con tierra, reutilización del patrimonio rural español.

son seleccionadas once normas que se comentan separadamente.

Documentos encontrados

Hemos agrupado los documentos localizados en tres categorías. El primer grupo son las normas emitidas por los organismos de normalización reconocidos y los reglamentos, emitidos por las autoridades. El segundo grupo es el de los documentos normativos, que dan reglas, guías o características sin tener el rango del grupo primero, pero que constituyen documentos de referencia nacionales importantes. El tercer grupo es el de los otros documentos técnicos, formado por publicaciones que no son normas ni documentos normativos, pero que consideramos útiles para la ordenación de la actividad de construcción con tierra. Nos hemos basado en aquellos más citados en las referencias de los artículos de revistas del *ISI'S JOURNAL CITATION REPORTS*. Los listados de estas 125 referencias encontradas aparecen en la Tablas 1, 2 y 3. En ellas hemos dedicado una columna para indicar si el documento sólo contempla la tierra estabilizada, y otra columna para indicar qué técnicas de las tres principales contempla, si adobe, tapial o bloque comprimido, en las que nos centraremos.

Selección de normas y reglamentos

Como modelo para el ensayo y puesta en funcionamiento de un trabajo más ambicioso que se propone realizar posteriormente, consistente en el análisis comparativo de la normativa, se han seleccionado once documentos del grupo de normas y reglamentos, por ser éste el de más categoría



siendo sus implicaciones por ello más importantes, y ser el objetivo de todo documento regulador. En la Tabla 4 se muestran cuáles son estos documentos, marcando resumidamente a qué se dedica y lo que contienen cada uno. A continuación se comentan algunos de sus aspectos.

Tipos de documentos

El conjunto de documentos encontrados es muy variado. Para su mejor manejo y comprensión, hemos agrupado algunas normas de un mismo país que consideramos forma colección. De esta forma las contaremos como una sola, ya sean dedicadas a una sola técnica, o para más de una. Son los casos de las normas brasileñas [10-16, 22], las neozelandesas [54-56], las peruanas de adobe estabilizado [58-60], y las de ARS 670 a ARS 683 [61, 64-76] de bloque de tierra comprimido. Con esta consideración, estaríamos contando con once normas, de las que 8 serían nacionales de Brasil, Francia, La India, Kenya, Nueva Zelanda, Perú y Zimbabwe, 2 son locales de Nuevo México (EEUU), y una internacional de un organismo regional de normalización africano (ARSO), que comprende pues varios países de África. Todas son emitidas por organismos con competencias para la elaboración de normas.

Estructura y contenido

Los documentos en estudio ofrecen unas tipologías de normas muy distintas. Algunas se dedican por entero a una sola técnica constructiva. Este es el caso de la norma SAZS 724, 2001 [80] y de la NMAC 14.11.11. [35], exclusivas

para tapial. Conteniendo disposiciones únicamente para adobe se encuentran las peruanas NTE E 0 80 [57] y, para adobe estabilizado con asfalto, las ITINTEC 331.201, ITINTEC 331.202, e ITINTEC 331.203, [58-60]. Regulando sólo el bloque de tierra comprimido se hallan las de XP P13-901, 2001 [46], la colección de ARS 670 a ARS 683 [61, 64-76], IS 1975, 1982 [47], KS 02-1070:1993, 1999 [51], estas dos para estabilizar. La brasileña (recuérdese que hemos agrupado todas en una) es casi exclusivamente de bloque de tierra comprimido aunque también comprende pared monolítica [22]; la NMAC 14.7.2., 2000 [31], trata fundamentalmente adobes y bloque de tierra comprimido, aunque también incluye quemados y terrones. La más completa de las once podemos decir que es la neozelandesa, colección formada por las NZS 4297, 1998; NZS 4298, 1998; , NZS 4299, 1999, [54-56], que comprende adobe, bloque de tierra comprimido y tapial, así como tierra vertida. Sólo de forma informativa ofrece también recomendaciones para *cob* y adobe *in-situ*. Como se observa, de las once sólo una trata a la vez a las tres técnicas principales (54-56). Es de resaltar que de las once normas, cinco, esto es, casi la mitad (considerando que las brasileñas son fundamentalmente de btc), se dedican a bloque de tierra comprimido, de las que tres se centran exclusivamente en las especificaciones de los bloques.

En cuanto a contenido, podemos decir que el documento más amplio y completo es el trío neozelandés [54-56], pues comprende desde requisitos de materiales y construcción a cuestiones de diseño estructural y de durabilidad de los edificaciones de tierra, y tanto para adobe, como para bloque de tierra comprimido o tapial; quizás su contenido sea algo más



reducido en cuanto a fabricación de las unidades, tema que se halla en las brasileñas [12 y 13], y ARS 680, 1996 [73], para el bloque de tierra comprimido. Disposiciones sobre construcción y ejecución aparecen con detalle solamente en las de Nuevo México NMAC, 14.7.2. [31], NMAC 14.11.11. [35], en la Zimbabwe SAZS 724 [80], en la NTE E 0.80 [57] de Perú, la Nueva Zelanda NZS 4298 [55] y la africana ARS 682 [75].

La que más contenido dedica al diseño estructural es de nuevo la neocelandesa NZS 4297 y NZS 4298 [54, 56], usándose en su formulación principios de diseño de estados límite. Limitaciones de esbeltez de muros e indicaciones sobre sus arriostamientos se indican también en las de Nuevo México NMAC, 14.7.2. [31], NMAC 14.11.11. [35], en la Zimbabwe SAZS 724 [80] y NTE E 0.80 [57] de Perú. Lo que en todas se encuentra son requisitos que deben exigirse a los productos, por medio de resultados mínimos que deben obtenerse de una serie de ensayos. Esta serie de ensayos en todos los casos aparecen o bien explicados en las propias normas, o referenciados a otros documentos que contienen sus procedimientos, solo en el caso de NMAC 14.11.11, 2001 [35] no se halla referencia alguna.

En todas las normas se contempla fundamentalmente el empleo de los muros de tierra como muros resistentes, que además podrían utilizarse como no resistentes. Solamente las brasileñas [14, 15, 16 y 22] son limitantes a uso de bloques huecos y pared monolítica sin función estructural. Dentro de las categorías de bloques comprimidos que hacen las normas

africanas según los limitantes mecánicos, se halla la categoría 1 como elementos no de carga, o con cargas escasas.

Indicaciones para diseño sismorresistente se consideran en las normas de adobe de Perú NTE E 0.80 [57] y en las neocelandesas [54-56].

La estabilización

En construcción con tierra debe tenerse presente que la tierra puede alcanzar un comportamiento satisfactorio sin necesidad de ningún añadido. La estabilización mejora las condiciones de comportamiento mecánicas, de durabilidad y de estabilidad, pero no siempre es imprescindible estabilizar, y este enfoque es el de la mayoría de las normas. También se hallan cuatro normas que sólo tratan la tierra estabilizada, que son las de Brasil para bloque comprimido y pared monolítica [10-16, 22], la de India [47] y Kenya [51] para bloque comprimido, y para adobe las de Perú [58-60]. El aditivo estabilizante contemplado en ellas es el cemento, la cal o el asfalto en el caso de adobe. La norma neocelandesa [54-56] es de aplicación bajo un límite de cantidad de cemento de no supere el 15% en peso, pues no debe olvidarse que la tierra estabilizada no puede convertirse en un hormigón, el papel ligante de los finos es primordial. Salvo los documentos estadounidenses ningún otro establece un mínimo para que se considere la tierra estabilizada. Para la NMAC 14.11.11 [35] se debe superar un valor de absorción de agua, y en la NMAC 14.7.2. [31] de resistencia a compresión en húmedo.

Definiciones



Aunque pueda parecer trivial, sobre todo para los ya introducidos en construcción con tierra, es importante definir bien las técnicas objeto de estudio, y asegurarse de que en todos los documentos se está hablando de lo mismo. Por eso repasamos las definiciones dadas para las tres técnicas principales: adobe, tapial y bloque de tierra comprimido, y lo referente al suelo como materia prima.

Tierra (para la construcción con tierra): subsuelo natural, que comprende diferentes porcentajes de arcilla, limo, arena y gravas. No debe contener materia orgánica y se emplea crudo, es decir, sin cocer. En la NMAC 14.11.11 [35] el suelo para considerarse cualificado tiene que cumplir unos mínimos de resistencia a compresión y de módulo de ruptura.

Adobe (inglés: *adobe*): bloque secado al sol, de tierra sin cocer moldeada en estado húmedo y que puede contener paja u otro material (como un estabilizante o ligante), que mejore su resistencia, estabilidad, aparición de grietas etc. Otros términos son *mud brick* (según las neocelandesas).

Adobe estabilizado (inglés: *stabilized adobe*), definición que aparece en NTE E 0.80 [57] y en las neocelandesas [54-56] es adobe al que se ha añadido otros materiales, típicamente cemento, cal o mezclas asfálticas. En NMAC 14.7.2. [31] sólo adquiere el calificativo de estabilizado si supera prueba de absorción de agua

Bloque de tierra comprimida (en inglés: *compressed earth block, pressed earth brick, pressed earth block, pressed block, pressed brick*): bloque formado por compactación manual o mecánica de tierra húmeda

en molde prismático, seguida de desmolde inmediato. Con frecuencia se estabiliza añadiendo aditivos. En NMAC 14.7.2. [31], se refiere a ellos como *hydraulically pressed units*, pero no es del todo correcto especificar el medio de presión, ya que no tiene por qué necesariamente producirse los bloques con un sistema hidráulico. Los bloques CINVA son una categoría contemplada dentro de los bloques comprimidos en las neocelandesas [54-56], con especificaciones dimensionales y de resistencia particulares.

Bloque comprimido estabilizado (en inglés: *stabilised pressed block*): bloque de tierra comprimido estabilizado con aditivos como cemento, cal o mezclas bituminosas, para mejorar su comportamiento. Otro término: *stabilized pressed brick* [54-56].

Tapial (en inglés: *rammed earth*): material monolítico de tierra compactado *in situ* entre encofrados temporales. Puede estar estabilizado o no. Otro término: *pisé*.

Tapial estabilizado (en inglés: *stabilized rammed earth*): tapial estabilizado con ligantes, normalmente cemento. En la brasileña NBR 13553, 1996 [22], se habla de pared monolítica sin función estructural la que se forma como secuencia de paneles monolíticos de suelo cemento, siendo suelo cemento producto resultante de una compactación, por lo que parece que trata también de tapial. En NMAC 14.11.11 [35] se considera estabilizado solo si supera prueba de resistencia a compresión en húmedo, o tiene más del 6% de cemento en peso.

Tipos de edificios

Las normas para construcción con tierra son de aplicación a edificios



sencillos, de dos pisos máximo (NMAC, 14.7.2. [31], NMAC 14.11.11. [35]), de uno o dos dependiendo de las zonas sísmicas según NTE E 080 [57]. A su vez las alturas y relación alto-ancho vienen limitadas, así como el espesor, del que suele darse un mínimo. Es de destacar la diferenciación que se hace en la norma neozelandesa [54-56], entre construcciones de tierra de categoría normal (*standard grade*) y de categoría especial (*special grade*). Para las construcciones de categoría normal se establecen las propiedades mínimas para edificios construidos siguiendo las normas NZS-4297 [54] y NZS-4299 [56], y se considera que esos edificios satisfarán los requerimientos del código de edificación de Nueva Zelanda. Son edificios de tierra de categoría normal, aquellos de una o dos plantas con un conjunto de limitaciones especificadas en el articulado entre las que figuran determinados usos (como de oficinas, residenciales, industriales, almacenes), limitaciones de superficie en planta (600 m² de una planta y 300 m² de dos), alturas de muros (dependiendo de zona sísmica y número de pisos), espesores mínimos de muros, pendientes de tejado, o limitaciones en cargas, y que además no requieren diseño técnico específico (por lo que deben seguir NZS-4299 [56]). Por otro lado también son edificios de tierra de categoría normal los que sí requieren diseño técnico específico, (para lo que se deben seguir las bases de diseño establecidas en NZS-4297 [54]), pero utilizando las resistencias de diseño especificadas en tablas en el articulado.

Selección de suelos

Todas las normas tienen una mención a la importancia de los tipos de suelos aunque a veces es demasiado escasa (IS 1975 [47], KS 02-1070:1993 [51]). Se observa el enfoque predominante de ofrecer datos del suelo que se considera bueno, pero son carácter sólo de información y recomendación. Esto suele hacerse a través de datos de granulometría y plasticidad (XP P13-901, 2001 [46], NTE E 0.80, 2000 [57], SAZS 724, 2001 [80], y las de ARS 680 [73] y ARSO 681 [74]). En el caso de las brasileñas son indicaciones de carácter imperativo [12, 13, 22]. Por otro lado se observa también en las normas neocelandesas [54-56] y estadounidenses [31], que para el tema de selección de suelo se remiten a comprobaciones de los elementos construidos con el mismo, siendo el sistema más desarrollado el de la norma de Nueva Zelanda NZS-4298 [55], que presenta una tabla con indicaciones de las pruebas realizar, su frecuencia, y el resultado requerido, dependiendo de la técnica en cuestión, mientras que la [31] sólo remite a la necesidad de comprobar los bloques sin más. Este enfoque de selección por medio de comprobaciones de elementos no va en perjuicio de las pruebas preliminares de selección, para discernir entre suelos buenos o malos, que en realidad no se especifican en ninguna norma de las once consultadas, pero que son indispensables.

Requisitos de productos

En las normas se regulan los requisitos exigibles a los productos, a través de unas condiciones impuestas a los mismos, en forma de valores que



deben obtenerse de ensayos. En algunos casos los procedimientos de estos ensayos se especifican en las mismas, convirtiéndose en normas de ensayo. Esto es así por no estar normalizadas previamente o suponer variaciones de las existentes. Son los casos NBR 8492, 1984 [11], NMAC 14.7.2, 2000 [21], XP P13-901, 2001 [46], IS 1975, 1982 [47], KS 02-1070:1993, 1999, [51] NZS 4298, 1998 [55] o ITINTEC 331.202, 1978, [59]. Se debe resaltar el diferente tratamiento de los productos tipo unidad o bloque, esto es, adobes y bloques de tierra comprimida, que son elementos que se unirán con mortero para levantar el muro de albañilería, del tapial, en el que el producto es el propio muro. Por ello para evaluar el tapial hay que esperar a quitar el encofrado cuando ya se ha hecho. Esto implica que de no alcanzarse los requisitos exigidos, se debería demoler lo hecho, decisión muy considerable. Por ello, para aminorar estas consecuencias, del mismo modo que se hacen pruebas de preconstrucción a las unidades, es aconsejable hacer previamente una serie de muros de tapial de prueba de iguales condiciones que en obra.

En general las especificaciones dadas son de aspecto, con limitaciones en los defectos como las grietas por retracción; dimensionales, con tolerancias a los tamaños esperados; y físico-mecánicas, como resistencia a compresión en húmedo y en seco, módulo de ruptura, resistencia a erosión, absorción de agua, y en algún caso para uso no revestido, resistencia a la abrasión.

Procedimientos para la recepción de bloques comprimidos y adobe, incluyendo los requisitos exigibles, el muestreo a realizar y las

condiciones de aceptabilidad se encuentran en ITINTEC 331.203, 1978 [60], XP P13-901, 2001 [46], IS 1975, 1982 [47] y ARS 680 [73]. En los bloques especificados en las normas de ARSO se diferencian usos para revestir y para quedar visto, encontrándose para éstos mayores exigencias en cuanto a aspecto se refiere, como tamaño máximo de grano más fino (para dar una textura final más suave) y menos permisividad en los defectos, además se incluye la observación del color, que para los otros no aparecía.

Conclusiones

Sería muy útil la existencia de un organismo internacional que actuara como centro de documentación, centralizando, coordinando y difundiendo la información existente sobre la normalización con tierra, para que los países interesados pudieran beneficiarse de la labor ya realizada por otros, de cara a mejorar o crear sus propias normas. También para ayudar a localizar los documentos existentes, muchas veces imposibles de adquirir.

Gran cantidad de los documentos existentes tienen muchos años de vida, incluso fueron derogados al perder la construcción con tierra protagonismo, en cambio, son los únicos existentes en algunos países, para los que para ellos sería bueno retomarlos como base para la elaboración de nuevas normas.

A la luz de esta comunicación, no se puede decir que la construcción con tierra no esté normalizada, el problema es que en países donde tímidamente se retoma su utilización, no siempre está contemplada, como es el caso de España. Por eso consideramos muy importante trabajar con lo existente en otros países, para poder extraer unas



bases que sirvan para la elaboración de una norma adaptada a nuestro país.

Para realizar con rigor y de manera provechosa el análisis comparativo de la información existente, se hace necesario encontrar una metodología para la comparativa de normas que ya esté experimentada en otros campos de la construcción, a ser posible de albañilería de ladrillos o bloques de hormigón.

En el grupo de normas y reglamentos, predominan los documentos que se refieren a una o dos técnicas más que los que se refieren globalmente a la construcción con tierra en general, mientras que en los otros grupos se equiparan las generales y las particulares.

De las normas analizadas destacan la gran sistematización alcanzada para los bloques de tierra comprimida, para los que abunda la regulación sobre todo en cuanto a especificación del bloque, y por otro lado las de Nueva Zelanda, por presentar un modelo actual equiparable al enfoque que se da a otros materiales, muy completo, regulando todas las fases del proceso, para las tres técnicas principales, y que concreta incluso los procedimientos de ensayo propuestos. Además no por ser un texto normativo deja de ser didáctico, al estar plagado de útiles comentarios.

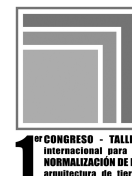


Tabla 1. LISTADO DE NORMAS Y REGLAMENTOS ENCONTRADOS

Tabla 1. LISTADO DE NORMAS Y REGLAMENTOS ENCONTRADOS									
PAIS	NOMBRE RESUMIDO	ORGANISMO	REF	SÓLO ESTABIL.	TÉCNICA			NOTAS	
					Adobe	BTC	tapial		
ALEMANIA	DIN 18951 (Blatt 1 / Blatt 2), 1951	DIN	1					Derogada. En alemán. Comentario de 1948.	
	DIN 18952 (Blatt 1 / Blatt 2), 1956.		2					Derogada. En alemán. Norma preliminar	
	DIN 18952, 1951.		3					Derogada. En alemán. Borrador	
	DIN 18953 (Blatt 1 - Blatt 6), 1956.		4	X	X	X		Derogada. En alemán. Norma preliminar.	
	DIN 18953, 1951.		5					Derogada. En alemán. Borrador	
	DIN 18954, 1956.		6					Derogada. En alemán. Norma preliminar.	
	DIN 18955, 1956.		7						
	DIN 18956, 1956		8						
	DIN 18957, 1956		9						
BRASIL	NBR 8491, 1984.	ABNT	10	X				En brasileño Procedimientos de ensayos para suelo-cemento, no es específico de construcción con tierra aunque aplicable.	
	NBR 8492, 1984.		11						
	NBR 10832, 1989		12			X			
	NBR 10833, 1989		13						
	NBR 10834, 1994.		14						
	NBR 10835, 1994		15						
	NBR 10836, 1994		16						
	NBR 12023, 1992		17						
	NBR 12024, 1992		18						
	NBR 12025, 1990		19						
	NBR 13554, 1996		20						
	NBR 13555, 1996		21						
NBR 13553, 1996	22				X	Sin función estructural			
EEUU	UBC Sec. 2109.9, 1997	ICBO	23		X			Nacional. En inglés Sus antecesoras derogadas son 24, 25 y 26	
	IBC Sec. 2109.8, 2000.	ICC	27		X			Nacional, en inglés	
	UBC Standard 21-9.	ICBO	28		X			Nacional.en inglés Sustituye a 29	
	UBC Standard 21-1	ICBO	30		X			Nacional, en inglés.	
EEUU	NMAC, 14.7.2, 2000.	CID	31		X	X		LOCAL NUEVO MÉXICO Sustituye a 32, 33, 34	
	NMAC 14.11.11., 2001		35				X	Local NEW MEXICO	
EEUU	MAG Sec. 2405, 1984		36					LOCAL ARIZONA	

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



	C. of Mesa Sec. 2413, 1988		37					
	C. of Pima Sec. 71, 1992		38					
	C. of Scottsdale, Sec. 2413		39					
	C. of Yavap. S. 2407, 1991		40					
EEUU	C. S. Diego, S. 2407, 1991.		41					LOCAL CALIFORNIA
EEUU	C. Del Rio, S B C S. G101.		42					LOCAL TEXAS
	City El Paso, App. G, 1991.		43					
	C. Lubock, Sec. 2407, 1991		44					
EEUU	Col. A. C. Sec. 9701, 1997		45		X			LOCAL COLORADO
FRANCIA	XP P13-901, 2001	AFNOR	46			X		En francés Norma experimental.
INDIA	IS 1975, 1982.	BIS	47	X				En inglés La anterior es 48
ITALIA	L R Ab. n. 17/97.		49					LOCAL ABRUZZO En italiano. Ley regional
	L.R Ab. 15 feb. 2001, 2001		50					LOCAL ABRUZZO En italiano. Ley regional protección del patrimonio
KENYA	KS 02-1070:1993, 1999.	KEBS	51	X		X		En inglés. Menciona 52, pero no existe.
NIGERIA	NIS 369:1997, 1997	SON	53	X		X		En inglés
NUEVA ZELANDA	NZS 4297, 1998.	SNZ	54		X	X	X	En inglés
	NZS 4298, 1998.		55	En inglés				
	NZS 4299, 1999.		56	En inglés				
								En inglés
PERÚ	NTE E 0.80, 2000	SENCICO	57		X			ITINTEC desaparecido, ahora responsable es INDECOPI.
	ITINTEC 331.201, 1978.	ITINTEC	58	X				
	ITINTEC 331.202, 1978.	ITINTEC	59					
	ITINTEC 331.203, 1978.	ITINTEC	60					
REGIONAL ÁFRICA	ARS 670, 1996	ARSO	61					
	ARS 671, 1996		64					
	ARS 672, 1996		65					
	ARS 673, 1996		66					
	ARS 674, 1996		67					
	ARS 675, 1996		68					
	ARS 676, 1996		69					
	ARS 677, 1996		70					
	ARS 678, 1996		71					
	ARS 679, 1996		72					
	ARS 680, 1996		73					

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de
la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



	ARS 681, 1996		74				
	ARS 682, 1996		75				
	ARS 683, 1996		76				
TURQUÍA	TS 537, 1985.	TSI	77	X	X		en turco
	TS 2514, 1985.		78				
	TS 2515, 1985.		79				
ZIMBABWE	SAZS 724, 2001.	SAZ	80		X		Está basado en 81. En inglés.

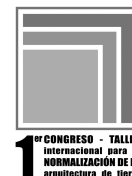


Tabla 2. LISTADO DE DOCUMENTOS NORMATIVOS ENCONTRADOS

Tabla 2. LISTADO DE DOCUMENTOS NORMATIVOS ENCONTRADOS								
PAÍS	NOMBRE RESUMIDO	ORGANISMO / AUTOR	REF	SOLO ESTABIL.	TÉCNICA			NOTAS
					adobe	BTC	tapiál	
ALEMANIA	Lehmbau Regeln, 1999.		82		X	X	X	En alemán
AUSTRALIA	HB 195, 2002	S. A. & P. Walker	83		X	X	X	En catálogo Standards Australia.
	Bulletin 5, 1992	Middleton (Schn.)	84		X	X	X	
	EBAA, 2001	EBAA	85		X	X	X	
COSTA DE MARFIL	LBPT, 1980	LBTP	86	X		X		
CHILE	Barrios, 1997	Barrios, G	87		X			Borrador de norma
EEUU	R 1100, 2004	CID	88		X	X	X	LOCAL N. MÉXICO Borrador de norma, previsto entrar en vigor en el 2004.
ESPAÑA	MOPT, 1992	MOPT	89		X	X	X	Autores personales: G. Bauluz del Río, P. Bárcena Barrios.
	IETcc, 1971	IETcc	90		X		X	Autor personal: Cassinello Pérez, F.
FRANCIA	CEB: testing procedures, 2000	ENTPE	91			X		Ensayos de suelos
	CRATerre, 1982	CRATerre	92		X	X	X	En francés
	DTC 2001, 1945		93					
	DTC 2101, 1945		94					
	DTC 2102, 1945		95	X				
	N° 215, 1984		96					En francés. Propiedades térmicas.
INDIA	Jagadish et al, 1988	Jagadish et al.	97	X		X		Base de la norma que se está desarrollando.
ITALIA	Prop. Marco Lion.		98					En italiano. Propuestas de leyes nacionales.
	Prop. Michele Cossa		99					
	Prop. Cardoli		100					
ITALIA	Bollini, 1998		101					En italiano. Borrador de NORMA REGIONAL SARDEGNA
ITALIA	Proposta n. 7345		102					En italiano. Propuesta de LEY REGIONAL PIEMONTE
KENYA	Kenya S for SSB, 1989		103	X		X		
MÉXICO	Chernovetzky, 1991	HABITERRA México	104		X		X	Borrador de norma.
SUIZA	SIA D0111, D0112, D077	SIA	105					
Internacional, CYTED	Ottazzi et al., 1995	HABITERRA-CYTED	106		X	X	X	basado en norma la norma [57]



NACIONES UNIDAS	Fitzmaurice, 1958	Naciones Unidas	107	X	X	X	X	
	Soil-cement, 1964	United Nations	108	X	X	X	X	
SUDÁFRICA	Dept. Ag. Tech. Service, 1973	Dept. Ag. Tech. Service Sudáfrica	109					

Tabla 3. LISTA DE OTROS DOCUMENTOS TÉCNICOS ENCONTRADOS

Tabla 3. LISTA DE OTROS DOCUMENTOS TÉCNICOS ENCONTRADOS							
NOMBRE RESUMIDO	ORGANISMO / AUTOR	REF	SÓLO ESTABIL.	TÉCNICA			NOTAS
				adobe	BTC	tapial	
Cytrin, S, 1957.	Housing Division of Israel	110					
Houben & Guillaud, 1994	Houben & Guillaud	111		X	X	X	Esta es la versión en inglés de 112
ILO, 1987	ILO	113	X		X		
Lunt, 1980	BRE	114	X		X		
McHenry, 1984	McHenry	115		X		X	
Mukerki, 1994	GATE-ISAT	116	X		X		
PCA, 1979	PCA	117	X				
PCA, 1992	PCA	118	X				
Rigassi, 1995	CRATERRE	119			X		
Smith & Austin, 1996	N. México BMMR	120		X	X	X	
Spence & Cook, 1983	Spence & Cook	121		X	X	X	
Tibbets, J., 1989	SWSA	122		X	X	X	
VITA, 1975	VITA	123			X		
Webb, 1950	NBRI Sudáfrica	124			X		
Wolfskill, 1970	OIA, EEUU	125		X	X	X	



Tabla 4. NORMAS Y REGLAMENTOS SELECCIONADOS

Tabla 4. Normas y reglamentos seleccionados											
PAIS	NOMBRE RESUMIDO	REF	SÓLO ESTABIL.	TÉCNICA	ALCANCE	requisitos productos	contiene ensayos	Selección suelos	FABRICACIÓN	CONSTRUCCIÓN	DISEÑO
BRASIL	NBR 8491, 1984.	10	X	Bloque comprimido macizo	Condiciones exigibles para recibir bloques de suelo cemento.	X		X			
	NBR 8492, 1984.	11			Método de ENSAYO de resistencia a compresión de los bloques y absorción de agua.		X				
	NBR 10832, 1989	12			Exigencias para la producción de bloques con prensa manual			X	X		
	NBR 10833, 1989	13		Bloque comprimido macizo y perforado	Exigencias para la para la producción de bloques con prensa manual			X	X		
	NBR 10834, 1994.	14		Bloque comprimido perforado sin función estructural.	Condiciones de recepción de bloques huecos de suelo cemento	X		X			
	NBR 10835, 1994	15			Forma y dimensiones de los bloques huecos sin función estructural	X					
	NBR 10836, 1994	16			Método de ENSAYO, de resistencia a compresión y absorción de agua de los bloques huecos sin función estructural		X				
	NBR 13553, 1996	22		Pared monolítica sin función estructural	Condiciones exigibles para los materiales para paredes monolíticas sin función estructural.	X		X			
EEUU	NMAC, 14.7.2, 2000.	31	Adobes estabilizados adobes sin tratar unidades comprimidas hidráulicamente terrones adobe quemado			X	X	X		X	
	NMAC 14.11.11., 2001	35	Tapial resistente	Regla que se aplica a la construcción en Nuevo México de muros portantes de tapial	X		X			X	
FRA NCIA	XP P13-901, 2001	46		Bloque de tierra comprimido	Define los bloques. Incluye procedimientos de ensayos.	X	X	X			

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



INDIA	IS 1975, 1982.	47	X	Bloques de tierra comprimidos estabilizados.	Requisitos y pruebas para bloques de tierra de uso en construcción en general. Incluye procedimientos de ensayos.	X	X	X			
KENYA	KS 02-1070:1993, 1999.	51	x	Bloques de suelo estabilizados con cemento o cal	Requisitos para bloques de tierra estabilizados con cemento o cal para usar en construcción en general.	X	X	X			
	NZS 4297, 1998	54		adobe bloque comprimido tierra vertida tapial	Diseño estructural y de durabilidad de los edificaciones de tierra					X	X
	NZS 4298, 1998	55		Adobe bloque comprimido tierra vertida tapial	Requisitos de materiales y los requisitos de construcción para el uso de tierra cruda. Anejos de procedimientos de ensayos	X	X	X	X	X	
	NZS 4299, 1999	56		Adobe bloques comprimido tapial	Requisitos de diseño y construcción para adobe, bloques comprimido o tapial que no necesitan diseño específico.					X	X
E R	NTE E 0.80, 2000	57		adobe	Construcción con adobe.	X	X	X	X	X	X
PERÚ	ITINTEC 331.201, 1978.	58	x	Adobe estabilizado con asfalto	Definiciones, condiciones generales y requisitos de los adobes con suelo estabilizado con asfalto RC-250	X		X	X		
	ITINTEC 331.202, 1978.	59	x	Adobe estabilizado con asfalto	Métodos de ensayo de los adobes estabilizados con asfalto RC 250.		X				
	ITINTEC 331.203, 1978.	60	x	Adobe estabilizado con asfalto	Muestreo y recepción de los adobes						
ABW	SAZS 724, 2001.	80		tapial	Guías para el diseño, construcción y ensayos para estructuras de tapial.	X	X	X		X	X
REGIONAL ÁFRICA	ARS 670, 1996	61		Bloque de tierra comprimida	Definición de los principales términos de la tecnología de BTC.			X			
	ARS 671, 1996	64			Definir btc para clasificarlos.						
	ARS 672, 1996	65			Definir morteros de tierra para clasificarlos						
	ARS 673, 1996	66			Definir varias formas de albañilería de btc para clasificarlas						
	ARS 674, 1996	67			Requisitos aplicables a btc ordinarios		X		X		



ARS 675, 1996	68		Requisitos aplicables a btc vistos	X		X			
ARS 676, 1996	69		Requisitos aplicables a morteros ordinarios	X					
ARS 677, 1996	70		Requisitos aplicables a morteros vistos	X	X				
ARS 678, 1996	71		Requisitos aplicables a albañilería para ser recubierta.					X	X
ARS 679, 1996	72		Requisitos aplicables a albañilería para ser vista					X	X
ARS 680, 1996	73		Estado del arte relativo a la fabricación de btc.			X	X		
ARS 681, 1996	74		Estado del arte relativo a la fabricación de morteros de tierra.			X	X		
ARS 682, 1996	75		Estado del arte de la construcción de albañilería de btc					X	
ARS 683, 1996	76		Enumera las pruebas requeridas para los procedimientos remite a otras publicaciones y a normas en uso sin especificar.	X		X			

Bibliografía

- 1 Deutsches Institut für Normung 18951, Blatt 1 Lehmbauten (lehmbauordnung) Vorschriften für die Ausführung/Blatt 2 dsgl. Erläuterung. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1951.
- 2 Deutsches Institut für Normung 18952 Blatt 1 Baulehm Begriffe, Arten, 1956/Blatt 2 Prüfung von Baulehm. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1956.
- 3 Deutsches Institut für Normung 18952 Lehm als Baustoff. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1951.
- 4 Deutsches Institut für Normung 18953. Blatt 1 Baulehm Lehmteile Verwendung von Baulehm 1956/Blatt 2 dsgl. Gemauerte Lehmwände, 1956/Blatt 3 dsgl. Gestampfte Lehmwände, 1956/Blatt 4 dsgl. Gewellte Lehmwände, 1956/Blatt 5 dsgl. Leichtlehmwände in Gerippebauten, 1956/ Blatt 6 dsgl. Lahmfusshöden. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1956.
- 5 Deutsches Institut für Normung DIN 18953 Lehm, Eigenschaften, Bauarten, Anwendungsbereich, Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1951.
- 6 Deutsches Institut für Normung 18954 Ausführung von Lehmbauten Richtlinien, Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1956.
- 7 DIN 18955 Baulehm, Lehmteile, Feuchtigkeitsschutz. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1956.
- 8 Deutsches Institut für Normung 18956 Putz auf Lehmteile. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN), 1956
- 9 Deutsches Institut für Normung 18957 Lehmschindeldach. Berlin: Deutsches Institut für Normung (DIN).



- 10 NBR 8491 EB1481 Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1984.
- 11 NBR 8492 MB1960 Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1984.
- 12 NBR10832 NB1221 Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1989
- 13 NBR 10833 NB1222 Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1989
- 14 NBR 10834 EB1969 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994.
- 15 BR 10835 PB1391 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Forma e dimensões. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994
- 16 NBR 10836 MB3072 Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Determinação da resistência à compressão e da absorção de agua. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994
- 17 NBR 12023 MB3359 Solo-cimento - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1992
- 18 NBR 12024 MB3360 Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1992
- 19 NBR 12025 MB3361 Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1990
- 20 NBR 13554 Solo-cimento - Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1996
- 21 NBR 13555 Solo-cimento - Determinação da absorção d'água. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1996
- 22 NBR 13553 Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1996
- 23 Uniform Building Code (UBC) Sec. 2109.9 Unburned Clay Masonry). Whittier (California): International Conference of Building Officials (ICBO), 1997 edition
- 24 Uniform Building Code (UBC). Sec. 2407 (j). 9. Unburned clay masonry. Whittier (California): International Conference of Building Officials (ICBO), 1991.
- 25 Uniform Building Code (UBC). Sec. 2407 (j). 6. Unburned clay masonry. Whittier (California): International Conference of Building Officials (ICBO), 1988.
- 26 Uniform Building Code (UBC). Part V- Engineering regulations- Quality of Materials of Construction. Chapter 24.- Masonry. UNBURNED CLAY MASONRY, Sec. 2405 (a-d). Whittier (California): International Conference of Building Officials (ICBO), 1982.
- 27 International Building Code. Section 2109.8. Falls Church, VA, (USA): International Code Council (ICC), 2000.
- 28 Uniform Building Code Standard 21-9 Unburned Clay Masonry Units and Standard Methods of Testing Unburned Clay Masonry Units. Whittier (California): International Conference of Building Officials (ICBO).
- 29 Uniform building code standard nº 24-14 Unburned clay masonry units and standard test methods of sampling and testing unburned clay masonry units. Based on Recommended Standards of International Conference of Building Officials (ICBO). (see section 2403, UBC Part I: unburned clay masonry), 1976
- 30 Uniform Building Code Standard 21-1 Building Brick, Facing Brick, and Hollow Brick (Made from Clay or Shale). Whittier (California): International Conference of Building Officials (ICBO).



- 31 New Mexico Administrative Code (NMAC) 14.7.2. 1997 New México Building Code. 14.7.2.30, CHAPTER 21, MASONRY: Uniform Building Code, 2109.9 Unburned Clay Masonry (adobe). Santa Fé, NM: Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department 2000.
- 32 New Mexico Building Code.. Adobe building Code, section 2413. Santa Fe, New Mexico: Construction Industries Division (CID) of the Regulation & Licensing Department, General Construction Bureau, 1991
- 33 New México Building Code, Chapter 24, masonry. Section 2412. Unburned clay masonry (de la a-s). Construction Industries Division (CID) 1988
- 34 New Mexico Building Code. Enmienda al UBC de Part V- Engineering regulations- Quality of Materials of Construction. Chapter 24.- Masonry. UNBURNED CLAY MASONRY, Sec. 2405 (a-s). Santa Fe, NM: State of New Mexico Construction Industries Division (CID), 1982
- 35 New Mexico Administrative Code 14.11.11. Standard for rammed earth construction. Santa Fé, New Mexico, Construction Industries Division (CID) of the Regulation and Licensing Department, 2001
- 36 Maracopa Association of Governments 1984 Section 2405 Maracopa County Association of Governments Building Codes Committee, 1984
- 37 City of Mesa 1988 Section 2413
- 38 County of Pima 1992. Appendix Chapter 71. Pima County Planning & Development Services, 1992
- 39 City of Scottsdale. Section 2413. The City of Scottsdale
- 40 County of Yavapai. Section 2407. Pavapai County Planning and Building Department, 1991
- 41 County of San Diego 1991. Section 2407. County of San Diego, 1991
- 42 City of Del Rio Standard Building Code, Section G101. City of Del Rio
- 43 City of El Paso 1991. Appendix G. City of El Paso Department of Public Inspection, 1991
- 44 City of Lubock 1991. Section 2407. City of Lubock Building Inspection, 1991
- 45 City of boulder, Colorado: adobe code chapter 97. Earthen masonry units. sec 9701. B.R.C., 1997
- 46 XP P13-901 Compressed earth blocks for walls and partitions: definitions - Specifications - Test methods - Delivery acceptance conditions. Saint-Denis La Plaine Cedex: AFNOR, 2001
- 47 Indian Standard 1975-1982 Specification for soil based blocks used in general building construction. New Delhi: Bureau of Indian Standards (BIS), 1982
- 48 Indian Standard 1975-1960. Specification for soil based blocks used in general building construction. New Delhi: Bureau of Indian Standards (BIS), 1960.
- 49 LEGGE REGIONE Abruzzo n. 17/97. Disposizioni per il recupero e la valorizzazione delle capanne a tholos e delle case in terra cruda.
- 50 LEGGE REGIONALE 15 FEBBRAIO 2001, N. 5. (pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Abruzzo anno XXXII - n. 6 del 09.03.2001) Integrazioni alla L.R.18/93 nel testo in vigore (art.9-Piano Regolatore generale).
- 51 Kenya Standard 02-1070:1993 (1999) Specifications for stabilized soil blocks. Nairobi: Kenya Bureau of Standards (KEBS), 1999.
- 52 Kenya Standard 02-1071. Methods of manufacture and use of stabilized soil blocks. Nairobi: Kenya Bureau of Standards (KEBS),
- 53 NIS 369:1997 Standard for stabilized earth bricks. Lagos: Standards Organisation of Nigeria (SON), 1997
- 54 New Zealand Standard 4297:1998. Engineering design of earth buildings. Wellington: Standards New Zealand (SNZ), 1998.
- 55 New Zealand Standard 4298:1998. Materials and workmanship for earth buildings. Wellington: Standards New Zealand (SNZ), 1998.



- 56 New Zealand Standard 4299:1999. Earth buildings not requiring specific design. Wellington: Standards New Zealand (SNZ), 1999.
- 57 Norma Técnica Edificación NTE E 0.80 Adobe. Reglamento Nacional de Construcciones. Lima: SENCICO, 2000
- 58 Itintec 331.201 Elementos de suelo sin cocer: adobe estabilizado con asfalto para muros: Requisitos. Lima: Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas (ITINTEC), 1978.
- 59 Itintec 331.202 Elementos de suelos sin cocer: adobe estabilizado con asfalto para muros: Métodos de ensayo. Lima: Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas (ITINTEC), 1978.
- 60 Itintec 331.203 Elementos de suelos sin cocer: adobe estabilizado con asfalto para muros: Muestra y recepción. Lima: Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas (ITINTEC), 1978.
- 61 African Regional Standard 670: 1996 Compressed earth blocks, Standard for terminology. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 62 CRATerre-EAG (Houben, H.), CDI (Boubekeur, S.), Compressed earth blocks: Standards - Technology series No.11. Brussels: CDI, 1998.
- 63 CIB W 90. Comité, "compressed earth block technology". Compressed earth blocks: regional standards. CDI, Centre for the development of industry - EU / ACP Lomé Convention., 1996.
- 64 African Regional Standard 671:1996 Compressed Earth Blocks, Definition, classification and designation of compressed earth blocks. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 65 African Regional Standard 672:1996 Compressed Earth Blocks, Definition, classification and designation of earth mortars. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 66 African Regional Standard 673:1996 Compressed Earth Blocks. Definition, classification and designation of compressed earth blocks masonry. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 67 African Regional Standard 674:1996 Compressed Earth Blocks. Technical specifications for ordinary compressed earth blocks. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 68 African Regional Standard 675:1996 Compressed Earth Blocks-Technical specifications for Facing compressed earth blocks. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 69 African Regional Standard 676:1996 Compressed Earth Blocks-Technical specifications for ordinary earth mortars. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 70 African Regional Standard 677:1996 Compressed Earth Blocks-Technical specifications for facing earth mortars. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 71 African Regional Standard 678:1996 Compressed Earth Blocks-Technical specifications for ordinary compressed earth block masonry. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 72 African Regional Standard 679:1996 Compressed Earth Blocks-Technical specifications for facing compressed earth block masonry. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 73 African Regional Standard 680:1996 Compressed Earth Blocks. Code of practice for the production of compressed earth blocks. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 74 African Regional Standard 681:1996 Compressed Earth Blocks. Code of practice for the preparation of earth mortars. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996
- 75 African Regional Standard 682:1996 Compressed Earth Blocks. Code of practice for the assembly of compressed earth block masonry. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 76 African Regional Standard 683:1996 Compressed Earth Blocks. Standard for classification of material identification tests and mechanical tests. Nairobi, Kenya: ARSO, 1996.
- 77 Turkish Standard 537 Cement Treated Adobe Bricks. Ankara: Turkish Standard Institution (TSI), 1985.



- 78 Turkish Standard 2514 Adobe Blocks and Production Methods. Ankara: Turkish Standard Institution (TSI), 1997.
- 79 Turkish Standard 2515 Adobe Buildings and Construction Methods. Ankara: Turkish Standard Institution (TSI), 1985.
- 80 Standards Association Zimbabwe Standard 724:2001: Standard Code of Practice for Rammed Earth Structures. Harare: Standards Association of Zimbabwe (SAZ), 2001.
- 81 Keable, J., 1996, Rammed Earth Structures. A code of Practice. Intermediate Technology Publications, London, UK.
- 82 Lehm bau Regeln. Begriffe; Baustoffe; Bauteile. Braunschweig/Wiesbaden, Germany: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 1999.
- 83 HB 195: The Australian earth building handbook, Standards Australia and Walker, P. k. Sydney, Australia: Standards Australia, 2002
- 84 Middleton, G.F., 1987 (revised by Schneider L. M.) Fourth Edition. Bulletin 5. Earth Wall Construction. North Ryde, Australia: CSIRO Division of Building, Construction and Engineering, 1992
- 85 Earth Building Association of Australia. Earth Building Book. Draft for Comment. Draft Code 05/01. Wangaratta, Australia: Earth Building Association of Australia (EBAA), 2001.
- 86 LBTP (Building and Public Works Laboratory). Recommendations for design and construction of low-cost buildings in soil-cement. Abidjan, Costa de Marfil: LBTP, 1980.
- 87 Barrios, G.. Manual de Construcción de adobe. Santiago, Chile: UNIVERSITA 1994.
- 88 Section R 1100, earthen building materials. Santa Fé: Construction Industries Division of the New Mexico State government
- 89 MOPT. Bases Para el Diseño y Construcción con Tapial. Madrid, Spain: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 1992.
- 90 IETcc. Obras de Fábrica, En: Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja – PIET-70. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (IETcc), 1971
- 91 ENTPE: Mesbah A., Morel J.C.; CRATerre-EAG: Houben H., Rigassi V. Compressed earth blocks: testing procedures. (Guide Séries Technologies No. 16). Brussels: CDE / CRATerre-EAG / ENTPE, 2000
- 92 CRATerre. Recommendations pour la conception des batiments du Village Terra. Ministere de l'urbanisme et du logement. Plan Construction, 1982.
- 93 REF DTC 2001. Betón de tierra et vetón de tierra estabilisé, 1945.
- 94 REF. DTC 2101. Constructions en béton de terra, 1945.
- 95 REF. DTC 2102. Vetón de tierra estabilisé aux liants hydrauliques, 1945
- 96 N° 215. Cashier 1682. 1984
- 97 Jagadish, K.S., Venkatarama Reddy, B. V., Yogananda, M. R. Specifications for the use of stabilized mud blocks for building construction. (draft code of practice). In: National Seminar on Application of Stabilized Mud Blocks in Housing and Building. Bangalore, India. 26-27 november 1988.
- 98 Proposta di Legge di iniziativa dell'on Marco Lion, Camera dei Deputati n. 2437 del 14.02.2002, "modifiche alla Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- 99 Norme a sostegno della edificazione in terra cruda. Proposta di legge dell'On. Michele Cossa.
- 100 Disposizioni per la tutela e la valorizzazione dell'architettura rurale. DISEGNO DI LEGGE. approvato dalla VIII Commissione permanente (Ambiente, territorio e lavori pubblici) della Camera dei deputati il 30 settembre 2003, d'iniziativa dei deputati de GHISLANZONI CARDOLI e ARMAN.



- 101 Bollini, G., Bonato, V. "Un contributo alla realizzazione di una normativa tecnica regionale per la costruzione in terra cruda: il caso della Sardegna", tesi di laurea presso Istituto Universitario di Architettura di Venezia, a.a. '97-'98, rel. prof. ing. E. Siviero, corr. prof. arch. M. Bertagnin
- 102 Proposta di Legge Regionale n. 7345 - Consiglio Regionale del Piemonte. Progetto sperimentale finalizzato al recupero e alla valorizzazione delle costruzioni in terra cruda.
- 103 Kenya specification for stabilized soil blocks, workshop for Kenya standards and specifications for soil blocks. Nairobi, Kenya, 26-30 May 1989, En: UNCHS (habitat). Co-operation in the African region on technologies and standards for local building materials. Nairobi, Kenya: Un-Habitat, 1990.
- 104 Chernovetzky, J. Propuesta de reglamento de la construcción en Tierra. México: HABITERRA-MÉXICO, 1991
- 105 SIA, Swiss society of Engineers and Architects, documents D0111, D0112 y D077.
- 106 Ottazzi P., G.; Martins N., C.; Vargas N., J; Ribas H., J.; San Bartolomé R., A.; de Silva, S. Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento. Red temática XIV. A: HABITERRA. Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social. Red Temática XIV.A HABITERRA-CYTED, 1995.
- 107 Fitzmaurice, R. Manual on Stabilized Soil Construction for Housing. New York: Technical Assistance Program, United Nations, 1958
- 108 United. Nations. Soil-cement: its use in building. New York: United. Nations Dept. of Economic & Social Affairs, 1964.
- 109 Dept. of Agricultural Technical Services. Farm-made bricks and blocks for buildings. Sudáfrica: Dept. of Agricultural Technical Services, 1973
- 110 Cytrin, S. Soil Construction, State of Israel, Ministry of Labour – Housing Division, The Weizman Science Press of Israel, Jerusalem, 1957.
- 111 Houben, H. and Guillaud H., Earth Construction, A comprehensive Guide. London, UK: Intermediate Technology Publications, 1994.
- 112 CRATERRE, "Traité de construction en terre", Tomes I et II. Parenthèses, Marseille, 1989.
- 113 International Labour Organisation (Smith R.G.; Webb D.J.T.) Small-scale manufacture of stabilised soil blocks. Technical Memorandum nº 12. Genève; Switzerland: ILO (International Labour Office), 1987.
- 114 Lunt. M. G. Stabilised soil blocks for building. Overseas Building Notes nº 184.. Garston: Building research Establishment (BRE) 1980.
- 115 McHenry, P.G. (1984) Adobe and rammed earth building design and construction , Wiley-Interscience Publications, New York
- 116 Mukerji, K. (CRATerre). Stabilisers and Mortars (for Compressed earth Blocks). Product information. GATE-ISAT, Eschborn (Germany) 1994
- 117 PCA (Portland Cement Association). Soil-cement construction handbook . Chicago: PCA, 1979
- 118 PCA (Portland Cement Association). Soil-cement laboratory handbook, Skokie, Illinois, 1992.
- 119 Rigassi, Vincent (CRATerre-EAG). Compressed earth blocks. Vol. 1: manual of production. Braunschweig, Allemagne: Friedrich Vieweg & Sohn, 1995
- 120 Smith, E. W. and Austin, G. S. (1996) Adobe, pressed-earth and rammed earth industries in New Mexico, Bulletin 159. New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, NM.
- 121 Spence, R. J. S. and Cook, D. J. (1983). Building Materials in Developing Countries, John Wiley & Sons, Brisbane.
- 122 Tibbets, J. Southwest Solaradobe School, The Earthbuilders Encyclopaedia, 1989.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de
la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas

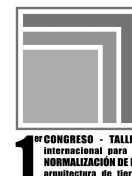


-
- 123 VITA (Volunteers in Technical Assistance). Making Building Blocks with Cinva-Ram Block Press. London: Intermediate Technology Publication. 1975.
- 124 Webb, T. L., Cilliers T. F. and Stutterheim, N. The properties of Compacted Soil and Soil-cement mixtures for use in building. National Building Research Institute (NBRI), Union of South Africa. Pretoria, March, 1950.
- 125 Wolfskill, L. S., Dunlop W. A., Callaway B. M. Handbook for building homes of earth. Dept. of housing and urban development, Office of International Affairs (OIA), Washington, D.C. 20410. 1970



1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



SITUACION DE LA NORMATIVIDAD PARA LA SELECCIÓN DE SUELOS EN CONSTRUCCION CON TIERRA EN MEXICO

Autores: Arq. Yolanda Aranda Jiménez
M.A.C.**¹ Dr. Ing. Gerardo Sánchez Torres**²

Resumen: En este trabajo se hace una revisión de la normatividad actual en relación a suelos y la construcción de vivienda a base de tierra, aplicada en México. Se hace mención a los tipos de suelo en algunas ciudades y su correlación con el clima respecto a la construcción con tierra.

Introducción: Palabras clave de este artículo: **Normatividad:** Conjunto de reglas o normas técnicas adoptadas con la finalidad de unificar criterios, e instaurar un orden en la información.

Suelo: Existen varias definiciones según el experto interesado, es decir, para el agrónomo es una diferente a la del geólogo, y la que se aplicará en el presente artículo es la utilizada por el arquitecto o ingeniero, llámese constructor. "Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves."³

¹ Egresada ITESM '82. Maestría en Admón. de la Construcción UAT 2000. Catedrático de T. C. UAADU, UAT. Perteneciente a la academia de Construcción. yolanda212@prodigy.net.mx.
² Egresado UNAM '79. Maestría en Ingeniería Hidráulica Pennsylvania State University '86. Doctorado en Ingeniería de Recursos Hidráulicos Texas A&M '94. Catedrático de T.C. Posgrado UMST, UAT. gsanchezt@uat.edu.mx
³ Juárez/Rico . 1999. Mecánica de Suelos. México. Edit. Limusa.

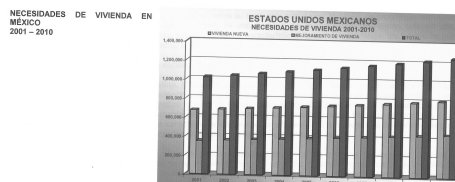
Edafología: Estudio de las capas superficiales del suelo que determinarán las actividades económicas que en el se desarrollarán para el establecimiento de los asentamientos humanos

¿Por qué construir con tierra?

Antes de entrar al tema de la normalización para la selección de suelos, se hace necesario la justificación del porque construir con tierra.

Algunos datos del rezago habitacional y pobreza extrema en México:

Se entiende por necesidad de vivienda el número de las mismas que debido al incremento demográfico y el deterioro natural de las existentes son requeridas para evitar que aumente el rezago habitacional.



(Gráfica 1) Según datos del censo del 2000 del Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI)

México tenía una población de 97483 con tendencias al 2003 de 104,000

Cuadro resumen

Indicador	1990	1995	2000
Población total	81 249	91 188	97 483
Tasa de crecimiento medio anual de la población ^a	2.6	2.0	1.9
Tasa global de fecundidad ^b	3.2	2.9	2.4
Tasa bruta de mortalidad	5.1	4.6	4.3
Esperanza de vida	70.8	73.6	75.3
Edad mediana	19.0	21.0	22.0
Promedio de escolaridad ^c	6.6	ND	7.3
Tasa de participación económica ^d	62.9	56.7	52.6
Población desocupada	659 870	ND	424 644
Total de viviendas (particulares habitadas) ^e	16 035	19 361	21 513
Número promedio de ocupantes por vivienda	233	472	235
Porcentaje de hogares familiares, respecto al total de hogares con jefatura femenina	5.0	4.7	4.4
Porcentaje de hogares familiares, respecto al total de hogares con jefatura masculina	84.5	ND	84.6
Población con discapacidad	ND	ND	1 795
Población hablante de lengua indígena	ND	ND	300.0
Población hablante de lengua indígena	5 282 347	5 483 555	6 044 547
Porcentaje de católicos	89.7	ND	87.9
Porcentaje de población rural	28.7	25.5	25.4

^a Para 1990 corresponde al periodo 1970-1990; para 1995, a 1990-1995; y para 2000, a 1990-2000.
^b El dato de 1990 corresponde a 1992.
^c El dato de 1990 corresponde a 1991.
^d No incluye los refugiados, ni las viviendas sin información de ocupantes.
ND No disponible.
FUENTE: INEGI. XI Censo General de Población y Vivienda, 1990. Aguascalientes, Ags. 1992. INEGI. Censo de Población y Vivienda, 1995. Aguascalientes, Ags. 1997. INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Aguascalientes, Ags. 2001. CONAPO. Proyecciones de la Población de México.

(Cuadro 2)

millones de habitantes, de los cuales en cifras recientes del Banco Mundial, los mayores niveles de pobreza extrema se

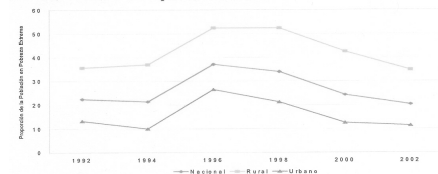
1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



encuentran en el sector indígena, de acuerdo al Censo del 2000, 44% de los grupos indígenas están en el 20% más bajo de la distribución total del ingreso, y 80% se ubica dentro del 50% más bajo. En resumen los pueblos indígenas se encuentran dentro de la quinta parte de los que viven en pobreza extrema. La crisis sufrida en 94-95 aumentó la pobreza de 21% a 37% ya en el 96. Entre 1996 y 2002 durante el presente sexenio la pobreza extrema disminuyó en 17 puntos porcentuales a 20%, solo un punto por debajo de los niveles del 94.

Gráfica 3. Panorama de las tendencias de pobreza extrema y moderada
Pobreza extrema (línea de pobreza alimentaria)



(Gráfica 3)

Ante estas impresionantes cifras la difusión de la autoconstrucción de la arquitectura vernácula utilizando los materiales de la región y la experiencia de generaciones ancestrales surge como una solución económicamente viable, aunado a su integración medioambiental así como sus valores bioclimáticos. Dentro de éste tipo de arquitectura se citan tres de los procedimientos constructivos con adobe más importantes: **Tapial**, consistente en paredes monolíticas de tierra apisonada, para este sistema se requiere de cimbra, un ejemplo de este sistema lo encontramos en la zona arqueológica de Casas Grandes, Chihuahua. **Técnicas mixtas**: Utilizado ancestralmente, sobre una estructura de bejuco o el material de la región se aplica en capas una mezcla de tierra o adobe que generalmente se combina con guano o estiércol, típico de zonas rurales. **Tabiques de adobe**:

Donde se elaboran piezas para la construcción.

Normatividad actual: México, país rico en biodiversidad; su clima que va desde el cálido húmedo o tropical, cálido semi-húmedo, templado hasta el seco, generando diversas especies tanto en flora como en fauna, y el suelo no es la excepción.

Según el punto de vista del experto, tanto el suelo como el subsuelo, tendrían diferentes utilidades, los que son aptos para el cultivo, los que son de utilidad para la explotación en minería, los que contienen aguas artesianas o freáticas, y de los que son tema del presente trabajo, aquellos que son aptos para la construcción, específicamente aquellos que son aptos para la construcción con tierra.

Debido a esta diversidad mencionada el 10 de Diciembre del 2001 se publica en el Diario oficial de la federación, siendo CASSIO LUISELLI FERNANDEZ, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales la NORMA Oficial Mexicana NOM-023-RECNAT-2001, que establece las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos, con el objetivo de la integrar la información sobre el recurso suelo, en un inventario completo, confiable y accesible, para que se planeen actividades productivas sobre una base cartográfica sólida de los recursos edáficos, sin permitir que se deterioren y degraden los suelos.

Así mismo, clasifica los suelos de manera taxonómica y técnica, lo primero se refiere a un ordenamiento y agrupamiento sistemático de suelos en taxas que comparten características genéticas y morfológicas homogéneas

1º Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



para la denominación de los suelos de un área, con base en un sistema internacionalmente aceptado, mientras que la clasificación técnica se refiere a la agrupación de suelos previamente clasificados con un propósito específico, tales como uso potencial, entre otros.

La importancia de esta norma radica en que está sentando las bases para formular un inventario de suelos nacionales estandarizando la forma de elaborarlo para que todas las diferentes dependencias que utilicen la información, se identifiquen con un formato donde los datos a consultar sean fácilmente localizables. Aunque este esfuerzo vaya encaminado a fines cartográficos y edafológicos, es un ejemplo a tomar como normalización.

Según la clasificación geotécnica USCS mencionada por Juárez Badillo y Rico en su libro Mecánica de Suelos donde se describen las características del mismo.

1. Gravas bien graduadas
 2. mal graduadas, ambas mezcladas con arena,
 3. gravas limosas mezcladas con arena y limo,
 4. gravas arcillosas mezcladas con arena y arcilla,
 5. arenas bien graduadas, arenas con grava,
 6. arenas mal graduadas, arenas con grava,
 7. Arenas limosas mezclas con arena y limo,
 8. Arenas arcillosas mezclas de arena y arcilla.
- En donde se recomienda para la correcta descripción del suelo que se indiquen los porcentajes de composición así como características de la superficie, dureza, símbolo del grupo y cualquier otra información obtenida en el laboratorio.

La segunda clasificación corresponde a los suelos de partículas finas, que son aquellos que más de la mitad del material pasa la malla no. 200:

1. Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
2. Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
3. Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
4. Limos inorgánicos, elásticos...
5. Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
6. Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.
7. Turba y otros suelos altamente orgánicos.

Donde se recomienda indicar el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño de las partículas gruesas, nombre local y geológico y cualquier otra información obtenida en el laboratorio.

Es dentro de esta segunda clasificación donde se encuentran los suelos recomendables para la construcción de tierra: Los del tipo ML Limos inorgánicos,

ANEXO III - A
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
INCLUYENDO CLASIFICACIONES DE REFERENCIA

PROCESAMIENTO DE IDENTIFICACION (N.º, CASOS)	INDICIOS (M, S, O, G)	NOMBRE FINES	INFORMACION SISTEMAS PARA IDENTIFICACION DE LOS SUELOS
Área que no se ha sometido a las pruebas de consistencia y cantidad de agua de los suelos (menos de 25%)	GW	Suelos bien graduados, menos de arena y limo, con más de 50% de frías	Debe ser usado para clasificar los suelos que no se han sometido a las pruebas de consistencia y cantidad de agua de los suelos (menos de 25%)
Área que se ha sometido a las pruebas de consistencia y cantidad de agua de los suelos (más de 25%)	GP	Suelos que no son bien graduados, menos de arena y limo, con más de 50% de frías	Debe ser usado para clasificar los suelos que se han sometido a las pruebas de consistencia y cantidad de agua de los suelos (más de 25%)
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	GM	Suelos bien graduados, menos de arena y limo, con más de 25%	
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	GC	Suelos que no son bien graduados, menos de arena y limo, con más de 25%	
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	SM	Suelos bien graduados, con más de 25% de arena y limo	
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	SC	Suelos que no son bien graduados, con más de 25% de arena y limo	
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	Debe ser usado para clasificar los limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad	Debe ser usado para clasificar las arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	OL	Arcillas orgánicas de baja plasticidad	Debe ser usado para clasificar las arcillas orgánicas de baja plasticidad
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	MH	Limos orgánicos, elásticos	Debe ser usado para clasificar los limos orgánicos, elásticos
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad	Debe ser usado para clasificar las arcillas orgánicas de alta plasticidad
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	OH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, altamente orgánicas	Debe ser usado para clasificar las arcillas orgánicas de alta plasticidad, altamente orgánicas
Fracción que pasa a 4.75 mm (No. 40) (Para determinar el porcentaje de arena y limo)	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos	Debe ser usado para clasificar la turba y otros suelos altamente orgánicos

(Cuadro 4).

Entre los suelos de partículas gruesas que son aquellos que más de la mitad del material se retiene en la malla no. 200, se mencionan:

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos. Los del tipo CL, las arcillas de baja o media plasticidad, las arcillas arenosas, las arcillas pobres y las arcillas limosas, este tipo de suelos puede requerir mezclarse con fibras o una corrección granular con arena, para poder trabajarlos. Los del tipo SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla, estos suelos son tierras con plasticidad baja por lo que se hace necesario mejorar su cohesión.⁴

Pruebas recomendables para los suelos aptos para la construcción de tierra: Como se mencionó anteriormente existen diferentes procedimientos constructivos para la construcción con tierra, por tanto variarán los parámetros en las pruebas.

“La tierra empleada en las técnicas mixtas de construcción de tierra sobre osamentas puede tener una composición granular menos restrictiva que las habitualmente recomendadas para las construcciones de adobe, tapial o bloque prensado. Por tanto el nivel de reconocimiento y de selección de suelo es por lo general menos exigente.....”⁵

Granulometría: La prueba más recomendable para una primera identificación es que más de la mitad del material pase la malla no. 200. Dentro de esta clasificación es importante realizar pruebas para determinar los suelos recomendables antes mencionados, así como determinar los porcentajes de

⁴ López, Ino, Ceballos y otros.2003.Técnicas Mixtas de construcción con tierra. Brasil.CYTED.

⁵ López, Ino, Ceballos y otros.2003.Técnicas Mixtas de construcción con tierra. Brasil.CYTED. pg. 220.

contenido del material, el cual variarán los parámetros para las arcillas, arenas, limos y la combinación de estos, según el procedimiento constructivo a emplear, siendo la arcilla el principal elemento cohesivo el cual se puede mejorar su comportamiento adicionándole fibras naturales, artificiales, o bien un aglutinante como cemento o cal, en cantidades dosificadas. Una de las pruebas de campo más sencilla para determinar si el suelo contiene arcilla, es la prueba de resistencia seca.

Plasticidad: Según Atterberg no es una propiedad permanente de las arcillas, sino circunstancial y depende del contenido de agua. De esta propiedad depende la consistencia, agrietamiento y es la propiedad por la cual el material es capaz de soportar deformaciones rápidas. De aquí los límites Atterberg, Índice plástico (IP) que para técnicas mixtas de construcción en tierra sobre osamenta o estructura son entre 4% y 11% , y el límite líquido (WL) entre 10% y 40% y para bloques de adobe, IP • 18% y WL • 45%.

Otro ensayo de campo recomendable es el azul de metileno, que determina la actividad del suelo. La actividad del suelo se mide en términos de dilatación y contracción con respecto a la humedad.

Para los casos de los procedimientos de tapial y bloques de adobe es necesario agregar las pruebas de compresión, para la selección de suelos. “Este ensayo permite escoger, entre varias, la mejor mezcla de materiales (tierra y aditivos) que proporcione el adobe o tapial de

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



mejor calidad en cuanto a su resistencia”.⁶

Normas usadas para la construcción con tierra a base de tabiques:

“En la actualidad sólo en el estado de Nuevo México, USA, existe un código de construcción de Tierra (Código de construcción uniforme sección 2405, mampostería con barro no cocido). En el Perú existen normas para Edificar con materiales de tierra ININVI Norma Técnica de Edificación, Norma E-080 Adobe) y en Francia se han editado las normas ARS-1996, realizadas por el Instituto CRAT Terre-AEG en Grenoble, Francia.”⁷

En México no se encontró ninguna normalización al respecto, y los trabajos tanto experimentales como construcciones que se han realizado se han basado en las normas anteriores, o bien se apoyan en normas como ASTM-D-422-90 para granulometría y la ASTM-D-4318-93 para plasticidad, pero cabe la aclaración que dichas normas son para terracería y pavimentos y no son para tabiques de adobe, por lo que se evidencia la necesidad de tener una normalización específica al respecto.

Tipos de suelo en algunas ciudades de la República Mexicana y su relación con el clima con respecto a la construcción con tierra.

⁶ Ottazi P. Martins Neves, Vargas Neves, Ribas H. y otros. 1995. Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe tapial ladrillos y bloques de suelo-cemento. CYTED

⁷ Roux Gutiérrez Rubén S. 2002. Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento Portland, Tipo I al 6% y reforzado con fibra de coco, para muros de carga en Tampico. Tesis para recibir el grado de Doctor por la Universidad de Sevilla.

El objetivo de este apartado es ubicar los tipos de suelo utilizables para la arquitectura de tierra en algunas ciudades de la República Mexicana relacionándolos con el clima, factor determinante en el proceso constructivo

La información del suelo y las ciudades está basada en la IV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. Como meta a largo plazo se pretende ampliar la presente descripción siendo el objetivo último la localización de las zonas idóneas para construcción de tierra dentro de la República Mexicana, la verificación de sus características para la propuesta de una normalización que unifique estas zonas.

Cd. del Pacífico: Acapulco: La casi totalidad de la información del subsuelo se refiere al cinturón urbano de la Costera Miguel Alemán. Se dividió en dos zonas: La depresión granítica que contiene rocas sanas y depósitos aluviales, y la segunda depósitos fluvio-marítimos y probablemente eólicos. La depresión granítica alterada se comporta como arena compacta a muy compacta. Se clasifica como arena gruesa, cuarzosa, con poca arcilla, bien graduada y de color café amarillento. En el área oriente de la Bahía de Acapulco se encontró turba. No se conocen valores de compresibilidad en ellos.

El tipo de clima es subhúmedo, en el cual la cantidad de lluvia anual no es suficiente para mantener el terreno húmedo durante todo el año. Zona expuesta a ciclones. Dentro de la clasificación de suelos USCS la mayor parte de la zona explorada se encuentra dentro de la primera clasificación.

Los climas tropicales o húmedos tienen como característica que la cantidad de

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



lluvia anual es suficiente para mantener el terreno húmedo durante todo el año. Este tipo de clima se encuentra localizado en la República Mexicana básicamente sobre el Golfo de México, a partir del estado de Veracruz hacia el sureste, zonas expuestas a ciclones. En este tipo de clima se hace necesario proteger el adobe con estuco o algún mortero que lo impermeabilice para impedir la erosión del mismo.

Ciudades en el Golfo de México:

Tampico: Se encuentra localizado en el 22.14° Latitud Norte y 97.52° Latitud Oeste. El tipo de clima subhúmedo o subtropical. Zona expuesta a ciclones. Dada la situación geográfica del puerto, rodeado de lagunas, como límite con el estado de Veracruz el Río Pánuco, al este el Golfo de México, la única zona de crecimiento se encuentra al norte, se dividió el estudio del subsuelo en tres zonas, A, B, y C.

Siendo las características de la zona A la baja resistencia y alta compresibilidad de las arcillas, se sugieren cimentaciones profundas. En la zona B, la alta resistencia y baja compresibilidad de las arcillas, lutitas y areniscas. En la zona C, arenas que van desde sueltas a compactas, y las arenas arcillosas se encuentran después de los 20mts.

Campeche: Se distinguen 4 zonas, zona rocosa, zonas de rellenos, sahcab y acalché. En la zona sahcab existen cavidades artificiales, y no se descarta la existencia de cavidades naturales. En la zona acalché se identifica como una arcilla de alta plasticidad, del grupo CH, la cual es susceptible a experimentar cambios volumétricos al variar el contenido de agua. El tipo de clima tropical.

Península de Yucatán: La mayoría de los sondeos llegaron al horizonte superior de la roca caliza. Los depósitos superficiales del cordón litoral se identifican como arenas calcáreas. En las ciénegas existen sedimentos arenosos con cantidades variables de suelos finos, por lo común limos no cohesivos. La compacidad en ambos es irregular. En las zonas de roca se considera sana y homogénea. El clima de la Península varía dentro del rango de los subhúmedos.

Cancún: Se dividió en ejes A, B, y F. El estudio estratigráfico. Predominando en el eje A y B arenas y arcillas arenosas de mediana plasticidad (CL-CH) de consistencia blanda. En el eje F poca cantidad de arcilla, arena, arenisca y caliza. Tipo de clima: subhúmedo.

Cd. al centro de la República: Morelia.

Se encontró una heterogeneidad de depósitos en el subsuelo, pero en general puede decirse que existe un estrato de arcillas de alta plasticidad de color gris oscuro de espesor de 1 a 3 mts. y con contenidos naturales de agua del 30 al 40% , se utiliza como apoyo de cimentaciones. Clima: Subhúmedo.

Conclusiones y Recomendaciones:

La utilización del adobe como solución al déficit de vivienda de las clases marginadas empleando supervisión y apoyo tecnológico se demanda día a día más necesario dado las ventajas que presenta, particularmente en zonas marginadas, por lo que es recomendable que dentro de la normalización para la selección de suelos se mencione la estratigrafía, en conjunto con un estudio edafológico, con la finalidad de relacionar la actividad primaria del

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



asentamiento humano con el tipo de vivienda.

México carece de una normalización específica para selección de suelos para la construcción con adobe.

Las pruebas de laboratorio mencionadas son oficiales y normalizadas y son recomendables para establecer un compendio de normalización de suelos para los diferentes procedimientos constructivos en tierra. Los ensayos de campo: resistencia seca, azul de metileno, lavado de manos, entre otros, resultan de gran apoyo para establecer un primer reconocimiento del suelo en lo que se recurre al laboratorio.

Dado que los rangos para las normas técnicas sugeridas en los diferentes procedimientos de construcción con tierra varían, es necesario considerar un amplio rango que incluya estos para efectos de la normalización en la selección de suelos.



BIBLIOGRAFIA

AUTOR	AÑO	TITULO
Banco Mundial	2002	Informe: LA POBREZA EN MEXICO, UNA EVALUACION DE LAS CONDICIONES, LAS TENDENCIAS Y LAS ESTRATEGIAS DEL GOBIERNO. Banco Mundial. Resumen de 48 pgs.
Juárez/Rico	1978	MECÁNICA DE SUELOS. Tomo I. Fundamentos de la Mecánica de suelos. Edit. Limusa. México. 649 pgs.
López, Ino, Ceballos y otros..	2003	TÉCNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. CYTED. Brasil. 350 pgs.
Ottazi P. Martins Neves, Vargas Neves, Ribas H. y otros.	1995	RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACION DE NORMAS TECNICAS DE EDIFICACIONES DE ADOBE TAPIAL LADRILLOS Y BLOQUES DE SUELO-CEMENTO. CYTED. Bolivia. 110 pgs.
Partida Bush Virgilio	2003	SITUACION DEMOGRAFICA NACIONAL CONAPO 2003. CONAPO. 6 pgs.
Roux Gutiérrez Rubén S..	2002	UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE ADOBE ESTABILIZADOS CON CEMENTO PÓRTLAND, TIPO I AL 6% Y REFORZADO CON FIBRA DE COCO, PARA MUROS DE CARGA EN TAMPICO. Tesis para recibir el grado de Doctor por la Universidad de Sevilla. 226 pgs.
Vivas, González C, Borges R. y otros.	1996	ARQUITECTURA EN TIERRA. SEMINARIO-EXPOSICIÓN. CYTED. Bolivia. 72 pgs.
Gobierno de Tamaulipas		PLAN ECOLOGICO DEL ESTADO DE TAMAULIPAS. Editado por el Gobierno del Estado. México.
Secretaría de Economía	2001	NORMA Oficial Mexicana NOM-023-RECNAT-2001. Gobierno Federal. México



Ideas sobre la normalización de la Arquitectura de Tierra: del idealismo a la puesta en práctica de calidad y supervisión de la Edificación.

Arq. José Adán Espuna Mújica MES.

La idea de este Congreso es intercambiar ideas sobre los parámetros que permitan mejorar y eficientar los criterios que condesciendan en las viviendas, sobre todo en programas populares de Diseño y Construcción de Arquitectura Habitacional de tierra y la Bioarquitectura y lograr así los prolegómenos que coadyuven a la obtención de cánones o pautas que secunden las propuestas constructivas y se conviertan en proyectos sujetos de apoyo crediticio, tanto por las instancias gubernamentales como por las fiduciarias y crediticias.

De suyo, sea por herencia de nuestros antepasados, se han construido casas de tierra, simplemente porque el material era abundante, consecuentemente, lo tenían a mano. Hoy, esta idea se ha convertido en un paradigma, hasta cierto punto hedonista, considerada además la mejor manera de elegir los materiales de edificación. Es altamente factible pensar o concluir al ser el material más abundante en una región sea, del mismo modo, el que se adecue convenientemente al clima y al medio ambiente, empero, se hace necesario corroborar estos criterios.

Como especialistas en el diseño y construcción de viviendas, se debe estar al tanto sobre la tierra como material de construcción, sus propiedades, potenciar las ventajas, minimizar y cuidar, sin soslayar, las desventajas mediante el Diseño, y aplicar nuevas tecnologías a éste digno material, apoyando las experiencias con ensayos, buscando la normalización de los sistemas constructivos, por lo que surgen una serie de interrogantes.

1. ¿PORQUÉ CONSTRUIR CON TIERRA?

Es muy esgrimido el precepto de que la tierra, es un material de construcción único que ofrece máxima calidad de habitabilidad. Se promociona entre sus defensores como que sólo la tierra es el material de construcción que reúne las siguientes características (<http://arquitierra.weblogs.com.uy>):

- Regulador de la humedad relativa ambiente dentro de la casa a un nivel permanente de 50 %. A través de su constitución es un purificador de aire.
- Debido a la gran masa térmica de las construcciones, este material funciona como acumulador térmico en invierno.
- Dada a la constitución del material y debido al espesor de las paredes, este material es un gran aislante acústico y de muy baja transmisión del sonido.
- No es tóxico y libre de emisiones.
- Es enteramente ecológico, recurso renovable y totalmente reciclable.
- Es un recurso disponible localmente.
- Requiere pocos recursos adicionales, fabricación, transporte.
- No inflamable.
- Provee una gran masa térmica (diseño solar pasivo), por sus excelentes propiedades de aislamiento, aunado al bajo costo energético.



- Clima interior balanceado,
- Mantiene confortable la temperatura superficial de los materiales,
- Puede ser construido personalmente por el usuario,
- Gran potencialidad para la creatividad personal.

Esta tecnología alternativa de construcción ha intentado regresar con fuerza, como paliativo al déficit cuantitativo de la vivienda, considerándose la propuesta para construir desde viviendas populares con condición propia, en donde la tierra se convierta en el centro de la arquitectura y los elementos m3rficos tiendan a manifestar la impronta de la regi3n en que se realice. Sin embargo, se puede indagar ¿Por qu3 se dice que est3 la tierra impl3cita en un dise1o funcional y en armonía con la naturaleza?

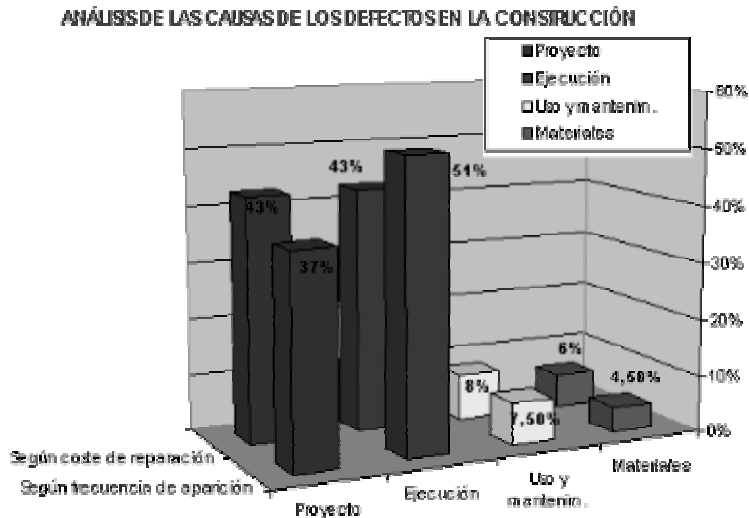
Al parecer la tierra, por ser un material en el que la Arquitectura rehabilita exactamente los elementos tradicionales, despertando el mismo sentimiento nost3lgico, en donde la emoci3n de la expresi3n formal mediante la utilizaci3n de estos sistemas constructivos utilizados desde antiguo, con una reorientaci3n contempor3nea. Esta "Nueva Arquitectura" se percibe como id3nea para satisfacer necesidades funcionales, espaciales y, a decir de algunos investigadores, est3ticas que nos impone la vida actual, donde las viviendas tienden a mostrar las ideas, cultura y creatividad de quienes en éstas habitan.

Las investigaciones recientes y la experimentaci3n con elementos que establezcan o le den una mayor resistencia a la intemperismo que sostienen la tecnología actual han mostrado, adem3s, como la vía para modernizar los métodos tradicionales de construcci3n. ¿Cu3l ha sido el resultado? Viviendas m3s fiables y superiores que las primitivas de barro, madera o bambú pero al mismo tiempo, m3s sencillas, libres y baratas que las de hormig3n armado, que reflejan un pasado, impreso en un presente y con ganas de vivir en el ma1ana, de acuerdo a las conclusiones de los investigadores. La tradici3n no siempre es sin3nimo de inmovilismo. Cada vez que un hombre se enfrenta con una nueva dificultad y encuentra una soluci3n para resolverla, da un primer paso para establecer una nueva tradici3n. Cada vez que otro hombre aplica la misma soluci3n, la tradici3n se refuerza, pero ¿en donde queda la normalizaci3n?

Partiendo de la definici3n de proyecto extraída del art3culo 4 de la Ley de Ordenaci3n de la Edificaci3n Espa1ola: " Es el conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determinan las exigencias t3cnicas de las obras contempladas en el art3culo". El proyecto habr3 de justificar t3cnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa t3cnica aplicable". *"La competitividad de la Industria de la construcci3n" (1997)*

Una de las primeras consideraciones, por no argumentar que es prioritario que "las exigencias t3cnicas" est3n perfectamente definidas, ya que s3lo se podr3 exigir en la ejecuci3n la calidad en la arquitectura de tierra que previamente se haya concretado en el proyecto, pudiendo considerarse el mejor veh3culo para la definici3n y exigencia de los adecuados niveles de calidad de la obra, de tal forma que un aumento de calidad en la redacci3n del mismo aumenta notablemente la calidad de la obra ejecutada.

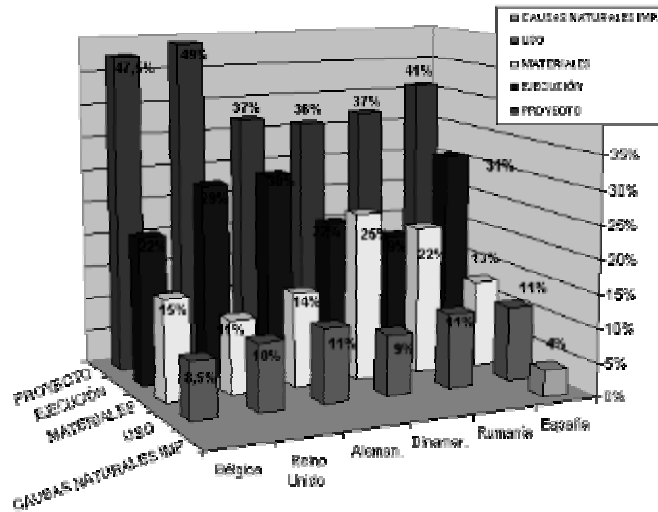
Analizando algunos de los datos estadísticos sobre costos de no-calidad (sobre los cuales hay diferentes opiniones según los autores), se puede inferir un porcentaje del 40 a los 45% atribuibles a defectos de proyectos, por lo que es fácil entender la importancia del análisis pormenorizado de los distintos factores que determinarán la correcta redacción de un proyecto, de acuerdo a lo estudiado por López y Conradi (2004).



Modelo porcentual de costos de acuerdo a López y Conradi

Al visualizar como el origen que los fallos constructivos que aquí se manifiestan están en el contexto europeo, se contrastarán estos valores con los obtenidos en otros países integrantes de la comunidad y algunos no comunitarios, tales como Bélgica, Reino Unido, Alemania, Dinamarca y Rumania, los datos que se obtienen son similares. Estos datos se han obtenido del libro "Fundamentación de la calidad en la construcción" del profesor Álvaro García Meseguer:

ORIGEN DE DEFECTOS EN EDIFICIOS



Defectos en los edificios, de acuerdo a García Meseguer

Parece difícil establecer como mejorar la calidad de un proyecto de arquitectura de tierra, fundamentalmente porque las referencias hechas son muy distintas con los parámetros de tierra, y los técnicos y sitios que las desarrollan también, si bien, avalados por las estadísticas de los defectos que en mayor porcentaje se detectan en los proyectos, podemos afirmar que cuanto mayor sea la definición de las especificaciones del proyecto (exigencias técnicas) y por tanto menos incertidumbres se creen, mayor calidad se conseguirá para la normalización de la arquitectura de tierra. En el documento europeo sobre la competitividad en la construcción se cita (1997):

"Mejorar la calidad y la precisión de especificaciones técnicas y proyectos redundará en una reducción de los cambios intervenidos durante la construcción."

A partir de las consideraciones realizadas, se puede deducir que los requisitos básicos o exigencias técnicas a cumplir por un proyecto son los siguientes:

- El proyecto debe contener toda la información necesaria para realizar la obra, evitando indefiniciones que creen incertidumbres durante la ejecución.
- La información debe estar técnicamente bien concebida, ajustándose a todo lo especificado en las Normativas de Obligado Cumplimiento, y posteriormente al Código Técnico de la Edificación (Donde los materiales, y los elementos que componen cada sistema constructivo sean adecuados, y estén correctamente diseñados para la función que han de cumplir).
- Se deberá exigir sólo lo necesario para cumplir las prescripciones reglamentarias y conseguir la calidad definida previamente: La fijación de especificaciones debe estar hecha con realismo, exigiendo lo que es necesario para optimizar los costos, ya que, en definitiva, tenemos que actuar como economistas de la



construcción. No entendiéndose como una calidad de mínimos, sino como una necesidad de establecer las exigencias adecuadas para la función a desarrollar, es decir, que no se admitirán especificaciones innecesarias que generen costos adicionales tales como exigir un acabado de hormigón con tableros fenólicos en elementos que quedarán revestidos.

Es importante tener presente, que en la ejecución de una obra, únicamente se podrá exigir lo que realmente esté definido en el proyecto, por ello, si no contiene toda la información necesaria, o ésta no aparece técnicamente bien concebida, esto repercutirá en la ejecución, provocando situaciones de incertidumbre que en muchos casos desembocará en una toma de decisiones en obra, precipitadas, o tomadas sin conocer todos los datos de partida. Cuanto más ambiguo sea el proyecto, más difícil será la relación con la Empresa Constructora, y más difícil será alcanzar un grado de calidad adecuado, y más costos de no-calidad o costos innecesarios se producirán.

2.- ¿Evaluar la calidad de los proyectos de Arquitectura de tierra de acuerdo a una normativa?

Para evaluar la calidad actual de los proyectos se hace necesario partir de un análisis de los defectos y carencias detectados en los proyectos, porque al disponer de una muestra de viviendas los datos que se obtienen serán , indudablemente, representativos, permitiendo que las conclusiones que se obtengan a partir de los mismos permitirán corroborar las hipótesis de partida y su comparación con los análisis efectuados por otras fuentes de información citadas en siguientes apartados del presente documento.

Es importante también resaltar, que los proyectos analizados estarán, en su mayoría ejecutados, y aun cuando en ellos no se valorará la repercusión que sus defectos u omisiones produzcan en las viviendas terminadas, causadas fundamentalmente por indefiniciones u omisiones, provocará que tanto en las obras terminadas, como las que se encuentren ejecución puedan estar provocando retrasos e incluso paralización de las mismas. A partir de los datos obtenidos en el análisis de los proyectos supervisados, se pueden extraer distintas conclusiones, de los defectos de cada subsistema constructivo analizada en todos sus aspectos, si bien en conclusiones a priori, es que la calidad de los proyectos pueda resultar inferior a la deseada, lo cual implica afrontar el aumento de la calidad de los proyectos como algo inminente.

Esta situación podría agravarse si no se realizase auditoría externa, es decir, si ocurriese que no existe supervisión alguna y la repercusión de estas omisiones, indefiniciones y defectos de los proyectos recae directamente en problemas durante la ejecución de las obras.

Si pormenorizadamente se analizan los datos estadísticos y porcentajes de defectos obtenidos, es probable inferir que un dato que resalta, es la incoherencia documental, en este aspecto, se valora la falta de concordancia entre los distintos puntos propuestos en las normativas con los aspectos de construcción del proyecto. Este factor, además de ser uno de los que más problemas suele generar, sobre todo si se detecta una vez comenzada la ejecución de las obras,



creando dudas o incertidumbres, y en general, tomas de decisiones precipitadas que suele desembocar en aumento de costos de ejecución (costos de no-calidad).

De los valores obtenidos, sin duda, algunos podrían resultar exorbitantes, aunque hay que ajustar, que en todo subsistema constructivo se considera normal, teniendo en cuenta que una variación en las instalaciones (Huecos que atraviesan la estructura horizontal), en la distribución interior de las viviendas, en la cubierta (variando los sumideros, o la dirección de vertido), o simplemente variaciones en la propia estructura por motivos ornamentales (variación de vuelos, aleros...) provocan incidencias directas en este subsistema constructivo; lo cual no disculpa, la falta de coherencia entre los documentos del proyecto, siendo fundamental tener una especial dedicación para la supervisión y análisis detallado de la repercusión que cualquier variación que se produzca en estructura pueda tener en cada uno de los documentos del proyecto (planos, Pliego de Prescripciones Técnicas, Presupuesto y Memoria).

Si analizamos, la supervisión realizada a la memoria, y anexos de cálculo de los distintos subsistemas constructivos con la normativa actual, se observará una clara diferencia entre la parte estructural (cimientos y estructura) y en cubiertas e instalaciones.

En lo referente al cálculo de cimientos y estructura del edificio construido con concreto y ladrillos de barro recocido, es obvio, que estos cálculos son de mayor envergadura y que la trascendencia de sus errores siempre es mayor. Por ello, su supervisión es más detallada y se detectan más fallos u omisiones. La importancia de la supervisión de estos dos subsistemas constructivos, que como se aprecia en todos sus aspectos analizados son los que más aspectos de normativa han desprendido.

Es importante destacar que en esta valoración aumentan los porcentajes de omisiones en los proyectos de arquitectura de tierra, es decir, en su supervisión se les ha asignado la denominación de "no constar", es decir, que en ellos se omite información sustancial para el desarrollo y ejecución del citado subsistema. Se entiende, a partir de estos datos, que esta situación viene provocada fundamentalmente por la escasez de detalles y soluciones constructivas de los distintos encuentros que son necesarios para la correcta resolución de estos subsistemas constructivos y que, suelen motivar la negativa a ser susceptibles de crédito por instituciones de crédito, así como de apoyos por ONG's o el gobierno.

3.- Algunos comentarios sobre las repercusiones económicas en los proyectos habitacionales diseñados a partir de tierra.

Según lo expuesto anteriormente se puede considerar que el concepto de calidad, esta íntimamente relacionado con la economía, al costo, debiendo establecerse un equilibrio entre ambos parámetros, que permita al binomio calidad-costo global de la construcción ser inmejorable, sobre todo que al conseguir calidad a cualquier precio no sería viable (e incluso López y Conradi (2004) comentan que no sería calidad).

Hay otros datos, de los cuales se desprende que la calidad de la edificación, y en particular de la construcción de viviendas de tierra está, actualmente, por debajo de los límites aceptables, como son las denuncias de sus habitantes o



simplemente por no ser del gusto de las instancias financieras y gubernamentales, que se originan, lo mismo por defectos y problemas detectados en las viviendas, se puede delimitar que la calidad tiene una influencia, más o menos directa, en la economía, siendo muy significativa en este aspecto la idea de Taguchi: "La medida de la calidad de un producto es el costo inducido a la sociedad por la falta de calidad de dicho producto". Ante la situación actual, es inmediato finiquitar, que es prioritario aumentar la calidad en la edificación de tierra, definir los costos que se generan así como las causas que los provocan, para conseguir acotarlos adecuadamente. Podría establecerse un desglose del costo de la edificación generado en materia de calidad:

a. Costo de fallos o costo de no-calidad: en ellos se engloban el costo de los defectos producidos, tanto externos como internos, incluyendo en ellos las reparaciones necesarias para subsanarlos, así como las consecuencias derivadas de los mismos.

b. Costo de calidad: Se puede definir como el costo de elementos no productivos, cuyo empleo se centra en controlar o garantizar la calidad.

En este apartado incluiremos, por tanto, el costo que genera la obtención de calidad del proceso, distinguiéndose a su vez dos tipos de categorías:

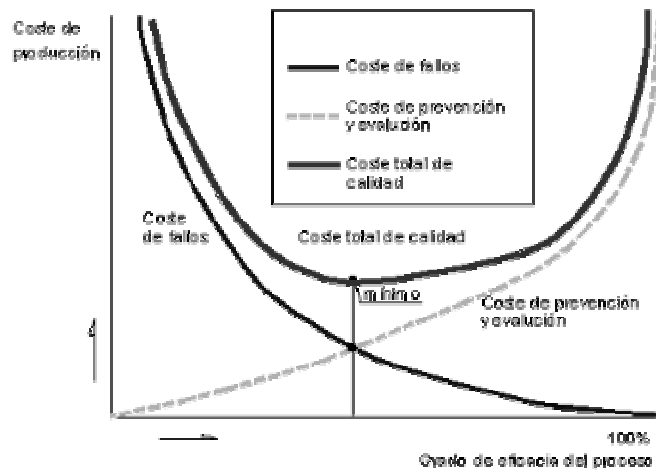
b1. Costo de evaluación: Es el costo que genera la evaluación del rendimiento conseguido tras la aplicación de medidas concretas, incluyendo los costos de las tareas de supervisión, inspección, toma de muestras y ensayos.

b2. Costo de prevención: Es el costo producido por las medidas adoptadas a priori, para evitar la aparición de los fallos y aumentar los costos de no-calidad, incluyendo en este apartado la planificación de la calidad, el control y supervisión de los proyectos y la ejecución o la calibración de la maquinaria.

Finalmente se podría estimar, que el costo real de producción, en cualquier campo, y por tanto también en el de la construcción, será el siguiente:

<p style="text-align: center;">COSTO REAL DE PRODUCCIÓN Costo sin fallos + Costo de prevención + Costo de evaluación + Costo de corrección de fallos (costo de no-calidad)</p>

A continuación se adjunta un gráfico en el que se resume gráficamente el costo de calidad. En él se representan mediante dos curvas independientes, el costo de no-calidad o costo de fallos y el costo de calidad englobando en ellos el costo de prevención y evaluación.



Gráfica de costos, de acuerdo a los estudios de López y Conradi.

4.- ¿Existen repercusiones económicas por las indefiniciones de normativa en la arquitectura de tierra?

Los costos generados innecesariamente que has sido denominados costos de no-calidad, atribuibles a falta de calidad económica, implican otros aspectos en la calidad de un proyecto, como es el caso de la calidad ambiental, que pretende minimizar los residuos producidos por la ejecución de arquitectura de tierra.

Todo proyecto es susceptible de analizarse desde distintos puntos de vista, en relación directa de las exigencias o normativas que se le impongan para poder considerarlo un producto de calidad. Algunos de estos requisitos son innegables, debido a que son exigibles legalmente, (calidad legal y documental), otros se pueden considerar más subjetivos como el control económico de la solución adoptada (calidad económica) e incluso otros aspectos a comprobar pueden entenderse sólo moralmente exigibles, como el caso del análisis de la sostenibilidad de la edificación (calidad ambiental), o incluso la calidad estética, que puede calificarse como la más difícil de encuadrar entre unos requisitos o establecer unos criterios objetivos para su valoración.

Al evaluar la calidad económica de un proyecto, es decir la repercusión económica que provocan las soluciones constructivas adoptadas en el mismo, es fundamental estudiar las causas que mayor número de defectos (y consecuentemente mayores costos de no-calidad) provoca.

A partir de la obtención de los datos de costos, las conclusiones resultarán apreciables inmediatamente, los costos de no-calidad provocados por errores o carencias en los proyectos se deberán básicamente a referencias mal previstas o inexistentes, y si es factible analizar la frecuencia en la que aparecen estos defectos o carencias, se podrá ver que en los casos analizados, a los defectos de concepción general.

Este análisis previo a una normalización reitera la necesidad de considerar detenidamente la importancia de la correcta elaboración de los detalles constructivos, de los cuales ya se mencionó que la repercusión en sus omisiones o



falta de especificaciones, provocará la no aceptación por parte de quienes podrían financiar estos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA:

Comunidad Económica Europea; CEE (1997): "La competitividad de la Industria de la construcción"; presentado en noviembre de 1.997, al Parlamento Europeo, por la Comisión de las Comunidades Europeas.

Daumal Domènech, Francesc: (2000) "Arquitectura acústica 2- Disseny"; Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Barcelona.

López Martínez, José Antonio y Conradi Galnares, Esperanza: (2004) "Consideraciones Ambientales de los modelos constructivos. Consecuencias económicas de los defectos y omisiones en los proyectos de edificación" Universidad de Sevilla

Paricio Casademunt, Antoni: (2001) "Secrets d'un sistema constructiu: L'Eixample"; UPC; Barcelona

Rodríguez Viqueira, Manuel: (2002) "Introducción a la Arquitectura bioclimática" Ed. Limusa, México, D. F.

Rudofsky, Bernard: (2000) "Constructores prodigiosos"; Árbol Editorial; México.

BIBLIOGRAFÍA VIRTUAL:

Nogués, Andrés: "Arquitectura de tierra"; en: <http://arquitierra.weblogs.com.uy/>; última visita: Enero de 2005.

Sastre, José María: "Arquitectura de tierra"; en: <http://www.arga.com/informacion.cfm/n.1693.cfm>; última visita, enero de 2005.





CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Ligia María Vélez Moreno¹
Investigadora del Grupo de Investigación:

Materiales y Tecnologías para Construcción. MYTEC
Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. Medellín
e-mail: ligiavelez@itm.edu.co

Resumen

Se hace una introducción al tema de trabajo, la arquitectura de tierra, en el contexto mundial: las arquitecturas sustentables y bioclimáticas, reconociendo la diferencia desde sus principios.

Se estudia la arquitectura de tierra, y se redefine desde lo cultural en el contexto de las regiones y técnicas utilizadas, se hace énfasis en la descripción de los sistemas constructivos, los materiales y su empleo. Para finalizar con materiales sustentables y la tapia como material del trabajo investigativo, y concluir en definitiva, sobre condiciones críticas de la tapia para su elaboración, dependiendo del sistema constructivo que la involucra y las carencias del material hacia el diseño óptimo para investigaciones futuras.

¹ Ingeniera civil-Universidad de Medellín.
Especialista en Ingeniería Sismorresistente-Universidad EAFIT.
Especialista en Docencia Universitaria-Universidad Industrial de Santander UIS.
Docente Asistente Instituto tecnológico Metropolitano. Escuela de Servicios Académicos

Palabras Clave

Arquitectura sustentable, Arquitectura bioclimática, Arquitectura de la tierra, Sistemas constructivos, Materiales sustentables, Tecnologías limpias, Tapias.

Summary

An introduction to the subject of work, the earth architecture becomes, in the world-wide context: the sustainable and bioclimatic architectures, recognizing the difference from its principles. The earth architecture studies, and it is redefined from cultural in the context of the regions and the used techniques, becomes emphasis in the description of the constructive systems, the materials and their use. In order to finalize with sustainable materials and the mud wall like material of the investigation work, and to really conclude, on conditions you criticize of the mud wall for its elaboration, depending on the constructive system that involves it and the deficiencies of the material towards the optimal design for future investigations.

Key words

Sustainable architecture, Architecture bioclimatic, constructive Earth Architecture, Systems, material Sustainable, clean Technologies, Mud walls.

Introducción

Actualmente son temas de interés académico y social, las arquitecturas sustentables y bioclimáticas, el desarrollo territorial y la expansión incontrolada de las ciudades; el interés en cada tema no es espontáneo, sino



en la medida que nos posibilitan respuestas al manejo del hábitat, para no continuar creando situaciones crónicas como las que se evidencian por malas condiciones en techo, vivienda, contención social, inserción al trabajo e infraestructura entre otras.

La diferencia entre arquitectura sustentable y bioclimática es alta, desde los principios de diseño que las rige, para la arquitectura sustentable, rige el costo ecológico de los materiales, métodos constructivos, reutilización, reuso y revaloración de los materiales propios y de desperdicio de la construcción, así como su relación con el ambiente y el tejido social que predispone. Por el contrario la arquitectura bioclimática se preocupa por la eficiencia energética dentro de la edificación, y en esta medida, control y ahorro energético, hasta incluso llegar a diseñar burbujas aisladas sin relación sistemática con el entorno ambiental y social.

En la perspectiva de la arquitectura sustentable, se redefine la arquitectura de la tierra con todas las características hacia posibilitar tecnologías limpias de construcción de edificaciones y porque no de ciudades, para hacer habitats sanos.

1. Arquitectura de la tierra

La arquitectura de la tierra es la respuesta cultural con inventiva hacia la solución de vivienda de las regiones. Esta invención ha ido cambiando con el pasar del tiempo y con las afectaciones de las migraciones y antecedentes históricos, por ello cada región reconstruye su evolución constructiva hacia el levantamiento de muros, cubiertas, vanos, protección de su vivienda y de su entorno.

Históricamente el movimiento Neocolonial¹ aportó lo mejor en su momento a la arquitectura de la tierra, al incorporar conceptos de progreso, universalidad, técnicas constructivas y materiales de la región. El concepto de progreso se liga con lo heredado de la península ibérica de los aportes romanos y árabes en la concepción de urbano (urbe), la universalidad en posibilitar formas constructivas resultado de combinaciones de las técnicas implementadas en otras regiones, y de las técnicas constructivas al redefinirse empíricamente por ensayo error con los materiales de la región o materiales de la tierra.

2. Sistemas constructivos

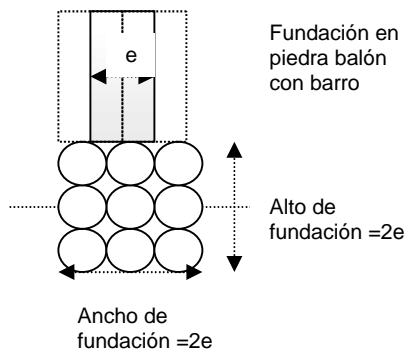
Se define sistema constructivo a la unión articulada y funcional de elementos arquitectónicos, cada elemento esta elaborado intencional mente con un material. Para este caso, será entonces adecuado hablar de material sustentable, condición que luego se explicita.

Los sistemas de fundaciones responsables de la estabilidad y porte (cargue) de los sistemas de cerramientos estructural y no estructural, al igual que de los sistemas autónomos y complementarios de la edificación; se inician con piedra acomodada debajo de los muros, de tal forma que se conforman anillos cerrados en su plano con inercias únicas y enlace suficiente para trabajar diferencialmente; luego piedra y tierra ligadora, piedra balón con barro, suelo cemento, estacas de madera y concreto ciclópeo, y en casos críticos también se llegaron a hacer combinaciones de materiales y

sistemas de fundaciones. En los casos de terrenos muy inclinados y en terrenos con posibilidades de inundación se recurrió a sistemas de fundación palifíticos de madera, con un cierre perimetral también en madera, y luego el sistema de cerramiento de muros. En zonas planas, llanuras altas, altiplanos se optó por sistemas de fundación en piedra balón con barro de gran sección.

Una forma empírica de predimensionar las secciones de vigas de fundación cuadradas fue cumpliendo dimensiones mínimas: la base de la fundación mayor o igual a dos veces el ancho del muro, y la altura de la fundación entre dos y tres veces el espesor del muro, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Predimensiones Viga de fundación



Los sistemas de cerramiento vertical (muros) se han modificado, el primero de la humanidad fue construir sus muros debajo de la tierra (cavernas), luego con piedra acomodada, después mejoraron colocando limos entre piedra y piedra; pero esta evolución tiene diferentes técnicas y nombres dependientes de la región:

1- Césped o paralelepípedo cortado del suelo para acomodarse en forma ordenada y en dirección vertical conformando anillos a medida que se incrementa altura, con la ventaja de que con unos cuantos días dependiendo del clima, crece grama en la superficie de intemperie o superficie exterior, lo cual térmicamente crea bondades en climas severos, en Roma este sistema se conoce como "Tepe".

2- Champa o chamba, este sistema consiste en la colocación sucesiva de cortes de grama con suelo, de tal forma que las raíces queden hacia arriba y el pasto hacia debajo, y los muros que se conforman en anillos en el plano horizontal; esta técnica evita el crecimiento de plantas sobre los muros y la muy buena trama con las fibras aportadas por las raíces, las que luego posibilitan dar un acabado o empañetado con agarre, este sistema es utilizado en Filipinas, Malvinas, Caribe y Península Ibérica.

3- Sistema Cancagua o Cangahua, consiste en colocar la Champa sin raíces y es el inicio del ladrillo cocido en las primeras décadas de la Colonia, se elabora el mampuesto con tierras seleccionadas, sin raíces, sin vegetales, preconsolidadas y precortadas para conformar los muros obedeciendo a una modulación en altura y en su base.

4- El tapial o tapia utilizado en Colombia, Venezuela, Panamá, es un material compuesto inicialmente por tierras de alta plasticidad, arcillas y barros mezcladas en proporciones 40%-60% con excremento de caballo (cagajón) y no de vaca, ya que el cagajón posee más fibra y proporciona amarre, se adiciona agua y homogeneidad a la masa, se



conforman los muros con formaletas deslizantes y pisonés de madera para dar cohesión y resistencia al sistema de muros, los anillos en su plano, con dimensiones de muros mínimas de 40 cm. de espesor y alturas hasta de 3.50m. También es posible prefabricar bloques y unirlos con pega de la misma masa para aumentar velocidad constructiva, en ocasiones se reservan los vanos y dinteles con: madera, fibras, guadua o un material que haga las veces de enlace y paso. Es un sistema de buena resistencia sísmica, aislamiento acústico y térmico.

5- Palo a pique o entramado de madera, Al igual que se utilizaron y utilizan tepes, champas y concaguas, la madera no pudo estar de lado con las ventajas que proporciona al sistema de cerramientos tanto horizontales como verticales, en primera medida las alturas, espesores, y rapidez constructiva; cuando se habla del sistema palo a pique se hace referencia madera rolliza que se clava en apiques en el suelo, conformando armaduras de quincha, palmeras, bambú, guadua, cactus y bahareque, para luego rellenarse. En Colombia se destaca el bahareque, la guadua y los tápiales, en Argentina y Bolivia los bollos o chorizos, los cuales consisten en un estante de madera, en los que sus huecos son rellenados con bollos de barro y paja, para luego dar acabado con barro y agua; en Colombia el relleno se hace con tapia sobre esterillados de caña brava; estos sistemas de bollos y tápiales con armazones de madera presentan alta estabilidad y resistencia mecánica a la flexión en su plano.

6- El encestado se utilizó como tradición heredada indígena, se hace tejido de pajas o fibras de hojas

vegetales, que luego se puede rellenar con una masa de suelo y sobrantes de la fibra utilizada, se encuentra en zonas indígenas latinoamericanas.

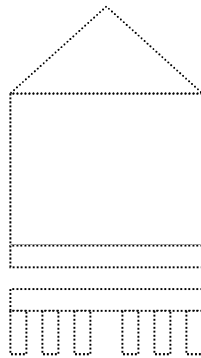
Ahora bien, los sistemas de cerramiento horizontal e inclinado son generalmente entramados de madera rellenos con barro o con barro y paja, o con paja, a la aplicación del barro en cubiertas, se le llama torta y esta es mejorada según las condiciones de cada región. También existen cubiertas sin tortas, son de madera, madera y paja, y madera y lajas de piedra; sin embargo hasta hoy en día se utilizan planchas de barro y paja para cubiertas sobre entramados de madera con triple función: protección, resistencia y bajo peso en comparación con la utilización de piedra; lo que se mejora a la técnica actual techos en madera y teja de barro.

Los sistemas de acabado y revestimiento fueron en su inicio de herencia africana y árabe, barro de alta plasticidad amasados con la mano y aplanados en la superficie de base, para luego pulir, brillar con agua y hojas de algunas plantas, luego para incorporar color y evitar presencia de microorganismos vegetales y animales, se incorpora como acabado superficial, la cal, o las pinturas a base de cal: cal y agua; cal, agua y un cítrico; cal, agua, cítrico y pigmento mineral. Los árabes en los zócalos y dinteles de sus construcciones enlucían con barro y paja, y luego pintaban a la cal resaltando diseños en su mayoría geométricos lo que conformó un revestimiento de excelentes condiciones en las partes bajas de los muros, al proteger contra salpique, humedades y microorganismos, esta técnica de

revestimiento llevo a Portugal, España y Latinoamérica.

Figura 2. Sistemas constructivos. Arquitectura de tierra.

Sistema de cerramiento horizontal e inclinado. Madera/ Madera y paja/ Madera y barro / Madera, paja y barro.



Sistema de cerramiento vertical: cavernas /piedra/piedra y limos/ tapia/Madera/Madera y paja / Madera, paja y barro ///Césped/ Champa/ Cancagua / Palo a pique/ Encestado

Sistemas de fundaciones: Vigas corridas/ piedras, piedras y barro/ suelo cemento/ madera /madera y piedra, // palfitico en madera.

3. Materiales sustentables y tecnologías limpias

Se argumenta la arquitectura de la tierra, como la arquitectura de lo sustentable, ya que para la confección de materiales y sistemas constructivos, se utilizan en su generalidad materiales que no surgen de la combustión, que pueden reutilizarse, revalorarse y mantenerse en el tiempo.

Lógicamente la arquitectura de la tierra presenta ventajas a las necesidades del ayer, del hoy y del mañana, entre las cuales se encuentran¹¹:

- Regulador de la humedad relativa del ambiente a un nivel permanente del 50%

- Su constitución en los sistemas constructivos son purificadores de aire.
- Los sistemas constructivos de gran masa, funcionan como acumuladores térmicos en invierno, aislante acústico, muy baja transmisión de sonido y muy buena respuesta a sismos.
- No son tóxicos, y son libres de emisiones
- No inflamable
- los recursos de los que se dispone para la ejecución, tienen las siguientes bondades: disposición local, bajo costo, fácil mantenimiento, y agradable para el trabajo, permite la creatividad del usuario.

4. Material bajo experimentación: la tapia

La arquitectura de tierra, permite gran diversidad de temas para investigar e innovar tecnológicamente desde sus técnicas y materiales, en el contexto de la ejecución, del mantenimiento y de la preservación.

Es tradición desde la Neocolonia, la tapia con antecedentes ancestrales de más de dos siglos en Colombia, para su estudio se trabajo con grupos de estudiantes de la Unidad Académica Especializada En Cerramientos Y Revestimientos, y así corroborar experiencias en la cualificación de propiedades, aspectos del mantenimiento y sugerencias a los tratamientos sobre el material cuando ya han aparecido algunas lesiones.

Inicialmente se dosificaron muestras de tapia de acuerdo al diseño experimental utilizando como



materiales base: cagajón, arcillas grises, limos rojizos, cal grasa y agua. Cuyos porcentajes en mezcla, aportaron algunas propiedades estudiadas: Densidad, absorción, capilaridad, Dureza, Resistencia a la penetración, contracción de secado, y resistencia mecánica a la compresión. Todas ellas de gran importancia en cuanto a las condiciones de trabajabilidad del material y su respuesta en el tiempo al comprometerse con la funcionalidad del sistema de cerramiento.

Se evidencio en el trabajo investigativo las siguientes características:

* Para dosificaciones con material de suelo de alta plasticidad y componente de grano muy fino, arcillas expansivas, las contracciones de secado fueron alrededor del 18%, valor critico cuando se coloca para revestir materiales con contracciones entre el 3% y 5% como es tradicional, barro con paja, o entramados de madera y barro; adicionalmente el factor de contracción implica condiciones de microagrietamiento a la exposición de calentamiento y enfriamiento alternado.

*Para suelos limos arenosos de baja plasticidad, se encontraron densidades promedio de 0.9 gr/cm³, y una resistencia mecánica a la compresión promedio de 35 kg/cm² en cubos de prueba de 5cm de lado, a los 7 días, valor que incrementa con el tiempo. Este valor da una buena respuesta a sistemas livianos y flexibles con contracciones de secado del 8% y absorciones de 6% a las 24 horas.

*Es factor determinante de la buena respuesta, considerar la tapia como único material constitutivo del sistema,

o considerarlo sobre sistemas de entramado en madera, guadua o caña brava; para lo cual se debe estudiar simulando condiciones de materiales compuestos.

*En las técnicas de aplicación como pañete, se hace necesario prehumedecer la superficie de agarre y dar plasticidad de manejo a la masa, de tal manera que no exceda el 105% de fluidez (ensayo para morteros). Por el contrario cuando es material estructural del sistema de cerramiento, se hace necesario incorporar consolidación con pisón en capas menores a 7cm suelta, y controlar humedades en el vertimiento la masa en el encofrado, la humedad debe ser superficialmente seca sss (ensayo sobre arenas)

5. Conclusiones

Las tapias elaboradas con cagajón, limo arenoso, cal grasa y agua, deben elaborarse en relaciones de mezcla dependientes de la calidad granulométrica del suelo.

Las adiciones de cal grasa a las tapias en proporciones no mayores del 5%, ayudan a proporcionar transpiración del material, y condiciones de prevención de lesiones químicas y orgánicas.

Se debe estudiar técnicamente tratamientos a los materiales de arquitectura de tierra, que posibiliten incrementar dureza, disminuir absorciones y capilaridades, disminuir ataques químicos, para posibilitar preservar el patrimonio cultural e innovar en tecnologías limpias, económicas y ambientalmente sustentables.



Referencias Bibliograficas

Flores, Mario Octavio,	1993,	Técnica de entramados, ponencia congreso Valladolid, 20ps
Nogués, Andres.	2004	arqnogues@arqa.com ,
Rios, Luis Silvio	1993	Paredes Monolíticas, ponencia congreso de Valladolid,13ps
Vélez, Moreno Ligia María,	2003	Notas de clase, Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín
Viñuales, Graciela María; Martins, Flores y Rios	1994;	ARQUITECTURA DE LA TIERRA EN IBEROAMERICA, Red Temática XIV Habiterra, Argentina, 127 paginas

^I Viñuales, Graciela María; Martins, Flores y Rios; 1994; ARQUITECTURA DE LA TIERRA EN IBEROAMERICA, Red Temática XIV Habiterra, Argentina, 127 paginas

^{II} Nogués, Andres. arqnogues@arqa.com, Mayo 21/2004

^{III} Rios, Luis Silvio, Paredes Monolíticas, ponencia congreso de Valladolid,1993, 13ps

^{IV} Flores, Mario Octavio, Técnica de entramados, ponencia congreso Valladolid, 1993, 20ps

^V Vélez, Moreno Ligia María, Notas de clase, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, 2003



1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



Título: TABIQUE DE TIERRA SIN COCCIÓN

Autor: Jesús Velázquez Lozano*

Resumen.

Un de los principales problemas que en la actualidad atraviesa la arquitectura de tierra, es la gran versatilidad de materiales contemporáneos que se utilizan en la industria de la construcción dejando a un lado este modelo de construcción. En muchos países como México, el emplear materiales de tierra en objetos arquitectónicos se ven afectados por una parte el no financiamiento a este tipo de construcción y segundo la cultura con respecto a este tipo de edificación que la comunidad rechaza por carecer de créditos para construir con tierra.

Cuando existe el conocimiento en la escuelas de arquitectura en materia de construcción con materiales de tierra, la mayor parte de los estudiantes se interesan por el conocimiento de un material que día a día se queda en el olvido, sin embargo el futuro profesionista, se da cuenta que materiales actuales que se emplean no son adecuados y sin mayor dificultad los critican por carecer de condiciones

* 1983-1987 Asistente investigador en C.I.Q.A.
1988- Catedrático investigador en la facultad de Arquitectura en la UA de C
jvelazqu@mail.uadec.mx
TEL: 412 - 6949

térmicas, acústicas y de resistencias físicas-mecánicas.

La Facultad de Arquitectura a través del Laboratorio de materiales se ha interesado por investigar y caracterizar Bancos de materiales de tierra para determinar su uso en construcción de casa habitación, tomando en cuenta los diferentes tipos de tierra que se encuentran en la región, para desarrollar prototipos de tabiques mecanizados.



Foto 1 Banco de materiales, Arteaga, Coah.



Foto2, Banco de material, Monclova, Coah.

El material es analizado en el laboratorio de materiales y las pruebas

que se realizan son las siguientes. (1) Sedimentación, (2) Densidad, (3) Contracción Lineal, (4) Plasticidad, (5) Contenido de Humedad.

Resultados.

“Los resultados a nivel Laboratorio de los diferentes bancos de materiales para fabricar **tabique de tierra sin coccciones** es un 3% de materia orgánica, un 16% de limos, un 36% de arcilla y un 45% de arena, éste sería el suelo indicado para ser utilizado”.

La mayor parte de los bancos son localizados a las orilla de la zona urbana, la razón es que el crecimiento de la mancha urbana a cubierto los existentes y esto a orillado que los materiales sean buscados retirados de la ciudad incrementado su costos por el acarreo de los mismos.

La importancia de la localización, depende mucho del radio de influencia de estudio del centro de acopio para fabricar el tabique, por ejemplo, se proyecto un radio de 25 Km. del centro de acopio.



Foto 3 Banco de material, Saltillo, Coah.

Estabilizadores.

La arcilla en la fabricación del tabique sin cocción siempre es susceptible de presentar variaciones de volumen en caso de la modificación de la proporción de agua en el ciclo de humectación y de secamiento, surge un hinchamiento y una contracción de la arcilla capaz de crear deformaciones graves en la masa de material. Con el fin de limitar las variaciones del volumen de la arcilla, es necesario incorporarle una sustancia estabilizadora que permita mejorar su comportamiento. Por ejemplo.

Estabilizador con cemento.

Consiste en agregar a la tierra cemento Pórtland que permite aglutinar la arcilla cubriendo las partículas, y facilitar un manejo adecuado en la fabricación del tabique sin cocción. Se obtiene un tabique, que no requiere cocción, pero debe tener un secado lento a la sombra para tener resultados favorables, tanto a la compresión como resistencia a la erosión, (ver gráfica 3 y 4)

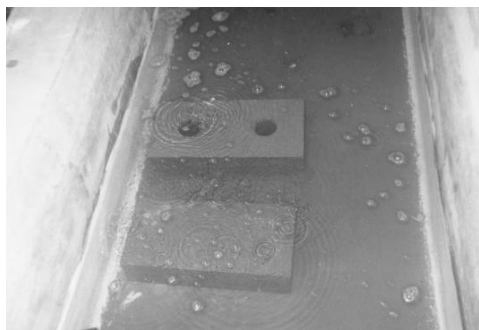


Foto 4 prueba a la erosión



Estabilizador de cemento-cal

Esta estabilización consiste en mejorar las propiedades de la tierra, añadiéndoseles la cal con el cemento, el suelo arcilloso tiene mejor comportamiento con esta formulación que con el cemento solo, se revela como una estabilización por tratamiento químico por la cal, más que por cementación.

Se ha encontrado una buena alternativa, partiendo del Cemento – Cal, mejorando las propiedades físicas-mecánicas de la tierra esta técnica puede compararse con resultados donde se utilizan materiales poliméricos.

Resultados de lo prototipos con Cemento-Cal, y por otro lado el cemento sin otro agregado para ver el comportamiento de resistencia a la compresión, utilizando la maquina Cinva-Ram y Hidráulica Eléctrica de alta presión. Ver tabla 1

Tabla de Comparación de Resistencia a la Compresión de Materiales de Construcción

Características

Tabique	Block	Ladrillo	Coacha	Adobe	Tabique Tradicional	Tabique Cinva-Ram	Tabique Adoprees	EPBCC
Resistencia 120 Kg./ cm2.	30 – 40	70 – 120	50 – 70	15 – 25	40 – 60	50 – 110	75 –	
Térmico	Alto	Media	Media	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Acepta cualquier tipo de recubrimiento como:

- a).- Pasta de arena-cemento
- b).- Pinturas vinílicas, sin arrastrar el material compuesto.
- c).- Acepta pintura de cal, utilizando brocha de ixtle o de pelo.



Foto 5 Recubrimiento sobre Tabique sin Cocción de Cemento- Cal

Resultados y Discusiones:

El prototipo que se obtuvo a partir de tierra con estabilizadores de cemento – cal, es un material que puede ser utilizado en la industria de la construcción de vivienda, este prototipo puede estar a la intemperie o protegido con recubrimientos de mezclas de arena – cemento o bien con pinturas vinílicas y en el interior puede aceptar recubrimientos texturizados o selladores con pinturas vinílicas.

La propuesta de utilizar el cemento – cal para fabricar el prototipo, puede

competir en cuanto a las propiedades físico – mecánicas con materiales como el tabique, el ladrillo blando, el block vibro prensado, además de que presenta características de resistencia a la erosión.

El tabique sin cocción con cemento – cal fue sometido a la prueba de sumergido en agua durante 24 hrs. sin erosionarse, absorbiendo un 13% de humedad durante este tiempo, presentando características de resistencia a la compresión arriba de 100 Kg./cm².

Conclusión:

Los suelos que se utilizaron, uno de ellos tienen las características de los materiales como materia orgánica, limo, arcilla y arena, suelos que presentan una adecuación a este tipo de estabilizadores.

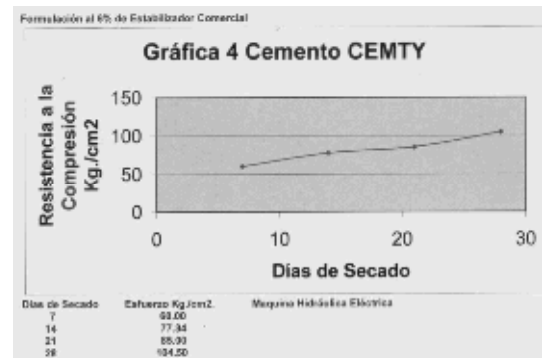
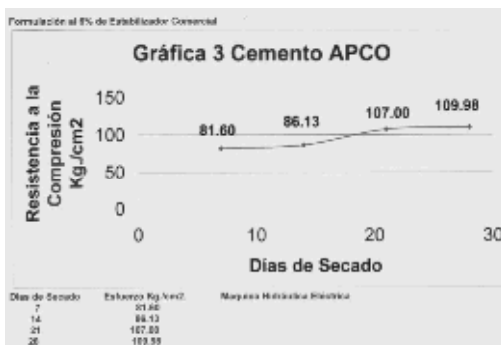
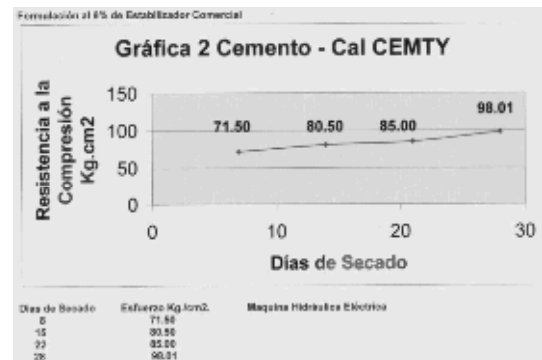
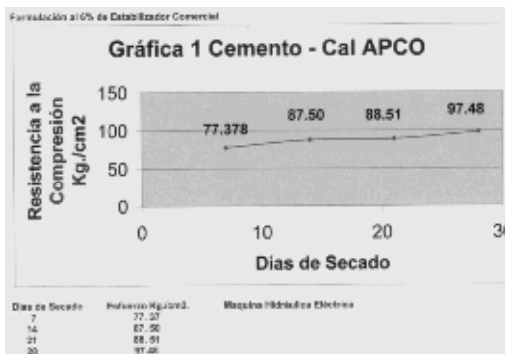
Por otra parte se emplearon materiales en un 90% de arcilla y un 10% de limo, presentando características adecuadas para la formación del prototipo y sin erosionarse al contacto con el agua, pudiéndose formular para desarrollar tipo fachaleta para exteriores como revestimiento en muros de ladrillo o de block quedando aparente como un muro de tabique sin cocción.

1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



Gráficas de Resistencia a la Compresión del Tabique sin Cocción



1° Congreso- Taller Internacional para la Normalización de la Arquitectura de Tierra

Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad Autónoma de Tamaulipas



Referencias Bibliográficas

Graham Mchenry Paul	1996	ADOBE, COMO CONSTRUIR FÁCILMENTE , Ed. trillas
Bardou, Prtrick; Arzoumanian, Varoujan	1979	ARQUITECTURA DE ADOBE Ed. Gustavo Gill, Barcelona, España Págs. 11 - 17
Lengen Van, Johan.	1980	MANUAL DEL ARQUITECTO DESCALZO ,
Flores Santana, Guillermo DE	2000	INVESTIGACIÓN BANCOS MATERIALES , U:A: de C.
Velázquez Lozano, Jesús T	1998	INVESTIGACIÓN ADOBE TECNIFICADO , UA de C
Sandoval Madrigal, Guillermo. CONSTRUCCIÓN	1992	MATERIALES DE
Orus Asso Felix CONSTRUCCIÓN		MATERIALES DE De. Dassat
Goldfinger Mirón	1993	ARQUITECTURA POPULAR MEDITERRÁNEA. Ed. Gustavo Gili, Barcelona.



UTILIZACIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO COMO REFUERZO DE BLOQUES DE SUELO COMPRIMIDOS

Dr. Arq. Rubén Salvador Roux Gutiérrez¹

RESUMEN:

El presente trabajo trata sobre la utilización de fibras sintéticas como refuerzo de bloques de tierra comprimidos, se presentan los resultados de los ensayos realizados a las distintas poblaciones.

1. INTRODUCCIÓN:

La construcción con tierra ha tenido un auge importante en las últimas décadas, cada día más gentes recurren a la utilización de materiales de tierra para edificar sus viviendas. Esto hace necesario tecnificar una técnica milenaria empírica con el fin de mejorar las características físicas, mecánicas y químicas del material.

En los procesos tradicionales para evitar las grietas por efectos de las contracciones en el proceso de secado se utilizan fibras de origen vegetal y animal, sin embargo estas fibras son perecederas, lo que hace que el material pierda resistencia y durabilidad al podrirse estas fibras.

¹ Catedrático de la Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Jefe de la Academia de Edificación. e-mail: rroux@uat.edu.mx

Las fibras naturales que mayor duración han tenido son las obtenidas del coco, pero esta fibra también es propensa al ataque de hongos bajo ciertas condiciones climatológicas.

2. PROBLEMA DE VIVIENDA.

La problemática de la vivienda en México se ha acrecentado en los últimos años, debido principalmente al cuatro factores: En primer lugar el aspecto académico, ya que en las Instituciones de la Enseñanza de la Arquitectura no se le ha dado la importancia que merece, al considerar el diseño de la vivienda como un tema poco complejo, En segundo lugar, es la falta de vinculación entre el producto terminado, el usuario y su entorno, En tercero, el crecimiento poblacional (45% en los dos últimos censos de 1990 y 2000), así como el decrecimiento en la producción de vivienda (un decrecimiento del 2% anual desde 1970 al 2000). Finalmente el cuarto es el factor económico que ha desembocado en la disminución de las áreas habitables. *Boltvinik, J. (2002) La Jornada, México, D.F. Pág. 23*

“Desde el primer diseño de Juan Legorreta (1983) producto del concurso “ Muestrario de la construcción Moderna” donde ganó el primer premio con un proyecto de una vivienda para familias obreras, se hacen presentes los principios de la estandarización y de economía del espacio que son utilizados por los demás arquitectos encargados de diseñar

viviendas denominadas de interés social; las cuales van disminuyendo la dimensión de los espacios tanto internos como externos, los servicios integrados y la calidad de los materiales de construcción, situación que se representa en el cuadro 1.1.". Barrios, D. (2002) *¿Pero qué es una casa?*. En A. Navarez

(Ed), *Hábitat y vivienda en América*. San Nicolás de los Garza: UANL, Pág. 63

3. HISTORIA DE LAS FIBRAS.

4.

"El Concepto de usar fibras para mejorar el comportamiento de los materiales de construcción es viejo e intuitivo. Algunos ejemplos del uso de las fibras, para reforzar

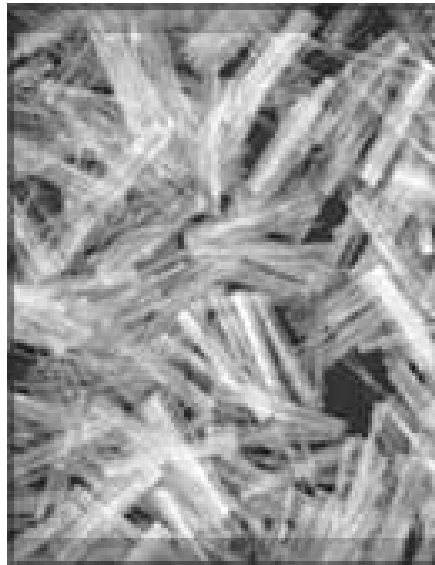


Figura 1 Fibra de polipropileno,

materiales frágiles y débiles, existen desde los principios de la historia de la humanidad. El pelos de caballo y el sisal se usaron en

muros de barro y paneles de yeso, la paja constituye una forma de refuerzo en los adobes, la fibra de asbesto se incluyó en la fabricación de productos horneados de alfarería para darle propiedades resistentes. Los romanos también usaban fibras como refuerzo". Novacom (1990)

5. Características de las Fibras de Polipropileno.

Las fibras de polipropileno tienen propiedades que las hacen apropiadas para refuerzo de materiales, estas son químicamente inertes, no son corrosivas, son resistentes a los ácidos y a las sales. Son estables, no absorben agua y tienen una alta resistencia a la tensión.

6. Características físicas de las Fibras de Polipropileno.

Las fibras de polipropileno cumplen la Norma ASTM- C-1116, a continuación se muestran los siguientes resultados:

Absorción;	- Ninguna.
Peso específico-	- 0.9.
Longitud de la fibra	-13, 19, 51mm
Punto de fusión	- 590° C
Conductividad Térmica	- Baja
Conductividad Eléctrica	- Baja
Resistencia a sales	- Alta
Resistencia a ácidos	- Alta
Resistencia a tensión	- 0.77 kN/mm ²
Modulo Yung 10 Ksi	- 35 kN/mm ²

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL. EXPERIMENTO EN LABORATORIO

- Caracterización del procedimiento correcto de utilización de la fibra de polipropileno como refuerzo en adobes estabilizados con cemento Portland tipo I al 6% para la fabricación de ladrillos de adobe.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificación de las características químicas de la fibra de coco:
 - Ø Potencial Ph.
 - Ø Reacción al cemento Portland.
 - Ø Resistencia a los ácidos.
 - Ø Resistencia a las sales.
 - Ø Resistencia a los álcalis.



Figura 2. Mezclado de la fibra con el material arcillo - limoso

- Identificación de las características mecánicas del ladrillo de adobe estabilizado con cemento Portland tipo I al 6% en peso y

reforzado con fibra de polipropileno:

- Ø Resistencia a la compresión simple.
- Ø Resistencia a la flexión.
- Ø Durabilidad.

- Identificación de las características físicas del ladrillo de adobe estabilizado con cemento Portland tipo I al 6% en peso y reforzado con fibra de polipropileno:
 - Ø Permeabilidad.
 - Ø Absorción.
 - Ø Densidad.

- Identificación de las características químicas del ladrillo de adobe estabilizado con cemento Portland tipo I al 6% y reforzado con fibra de polipropileno

- Ø Resistencia a los ácidos.
- Ø Resistencia a las álcalis.
- Ø Cultivos bacteriológicos.

7.3. OBJETIVO GENERAL. EXPERIMENTO EN CAMPO.

- § Corroborar por medio de la observación, la estabilidad y la durabilidad del material aplicado en muros, bajo condiciones climatológicas propias de la Zona

Metropolitana de Tampico ,
 Madero y Altamira.

8. Resumen de Resultados.

Prueba de Compresión Simple en Estado Húmedo

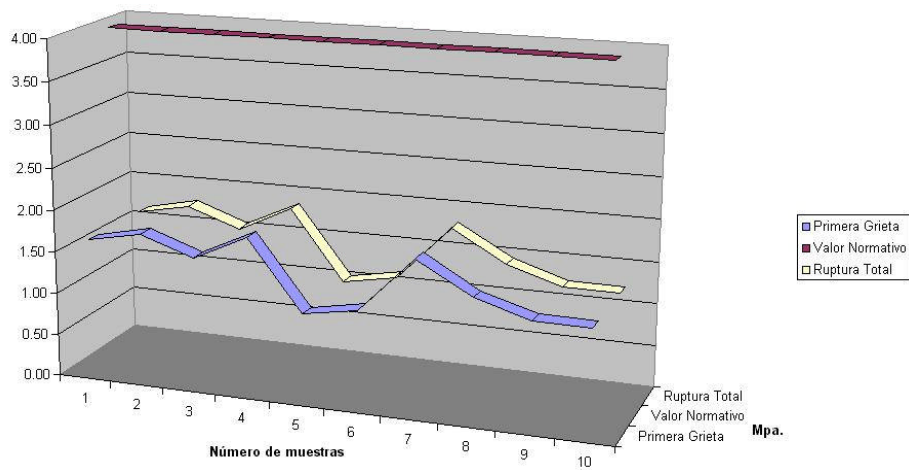


Figura 3. Resultados de la prueba de compresión simple en estado húmedo

Prueba de Compresión Simple en Estado Seco

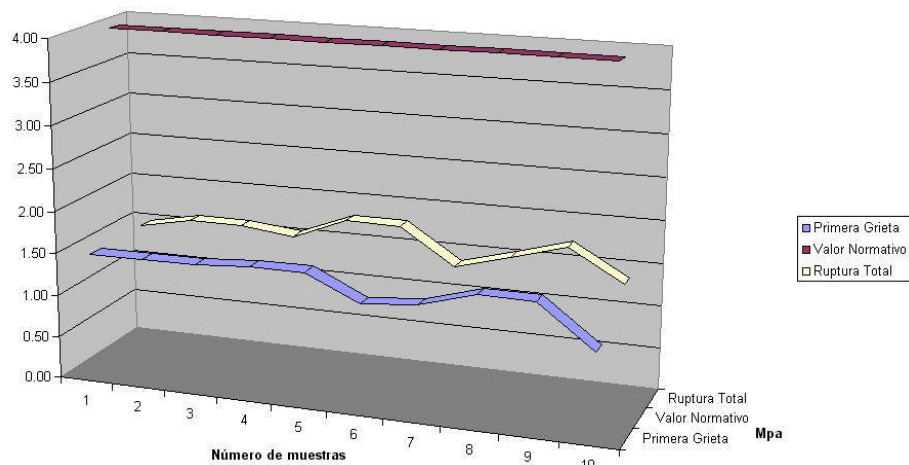


Figura 4. Resultados de la prueba de compresión simple en estado seco

Prueba a la Flexión

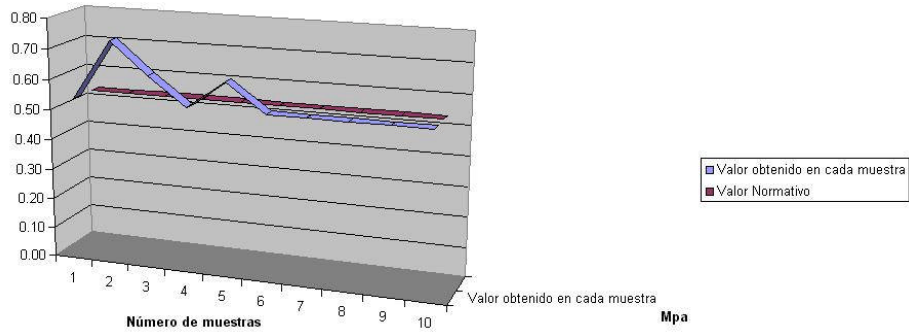


Figura 5. Resultados de la prueba de flexión

Prueba de Permeabilidad

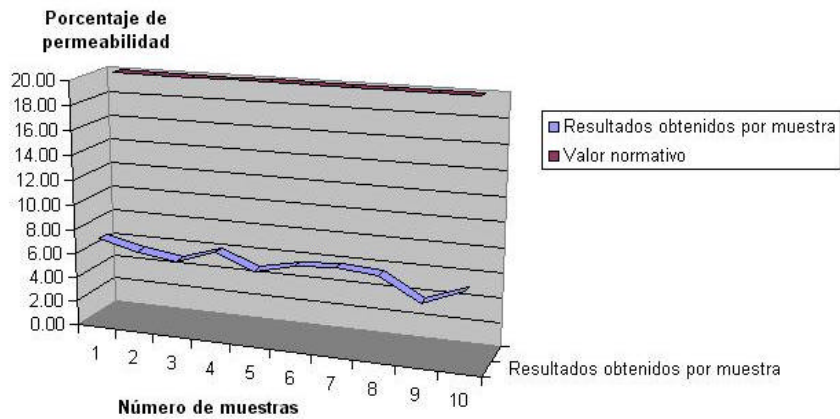


Figura 6. Resultados de la prueba de permeabilidad



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.1. CONCLUSIONES EXTRAIDAS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO:

Después de haberle realizado las pruebas físicas a los ladrillos presenta se obtuvieron las siguientes conclusiones:

9.1.1. Una vez realizadas las pruebas químicas a la fibra de coco se puede concluir que presenta buenas características para su utilización en los ladrillos de adobe.

9.1.2. Una vez realizadas las poblaciones de experimentales y hechas las pruebas correspondientes se puede concluir que:

9.1.2.1. El mejor porcentaje de fibra de polipropileno para adicionar sigue siendo del 1%.

9.1.2.2. Que la fibra no influye en la resistencia a la compresión simple ya que esta depende de la compactación de los ladrillos, el tipo de material y el agua de mezclado.

9.1.3. Con respecto a la prueba de

permeabilidad se comprobó también un mejor comportamiento de los ladrillos

9.1.4. Con respecto a la densidad, la variación de peso no fue apreciable, ya que la fibra si bien no tiene un gran peso, tampoco disminuye notoriamente el peso de la pieza.

9.1.5. Las pruebas químicas nos demostraron que la fibra de polipropileno no varía los valores de resistencia a los ácidos, ni a los álcalis,

9.2. CONCLUSIONES EXTRAIDAS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

9.2.1. Solo el 25% de los muros no terminaron la fase experimental. Debido al reblandecimiento de las hiladas inferiores que causo un colapso de los muros y esto fueron los muros que no contaban con zócalo.

9.2.1.1. De los muros colapsados el 66% tenían refuerzo de fibra de polipropileno y el 100% no estaban recubiertos.

9.2.2. Solo el 12.5% de los muros presentaron grietas en las uniones.



Todos ellos tenían uniones de arcilla.

9.2.3. Ninguno de los muros presentaron desprendimiento del aplanado.

9.2.4. Solo el 4.1% de los muros presentaron grietas por cargas diferenciales.

9.2.5. El 37.50% de los muros presento humedad en su superficie.

9.2.5.1. De los cuales el 88% no tenían recubrimiento y el 33% tenían fibra de polipropileno.

9.2.6. Solo el 33% de los muros se deformaron y éstos fueron los construidos con juntas de arcilla.

9.2.7. El 33.30% de los muros presentaron aparición de hongos.

9.2.7.1. De los cuales el 100% no tenían recubrimiento y el 62.50% tenían fibra de polipropileno

9.2.8. El 100% de los muros con recubrimiento presentó un buen comportamiento a la intemperie,.

9.3. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos, tanto en el laboratorio como en el campo pueden establecerse las siguientes conclusiones generales:

9.3.1. El mejor porcentaje de fibra, para refuerzo del ladrillo de adobe, es el 1%, ya que:

9.3.1.1. La fibra de polipropileno no hace más porosos al material por lo que no afecto la permeabilidad del material.

9.3.2. La fibra de polipropileno no produce ningún tipo de hongo por ser un material inerte.

9.3.3. El refuerzo de fibra de polipropileno al igual que las fibra de coco solo produce mejoras en el incremento de la resistencia a flexión.

9.3.4. Se sigue corroborando que el uso de ladrillos de adobe en zonas húmedas deberá realizarse mediante la protección de un zócalo de un material impermeable y de cornisas o vuelos amplios para impedir la acción



del agua sobre los
muros.

10. Bibliografía.

Belmares Héctor, Barrera Arnoldo, Castillo Ernesto, Verheugen Etienne, y Monjaras Margarita	1980	NEW COMPOSITE MATERIALS FROM NATURAL HARD FIBERS (pp 555-561). México: Centro de Investigación en Química Aplicada.
Boyle-Bodin, F., et. Al (1989)	1989	1. ESTUDIOS DE LA INFLUENCIA DEL GENERO DE LAS ARCILLAS EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE "BARRO" ESTABILIZADO POR MORTERO HIDRÁULICO , Vol. I, ponencia 11 (pp 207-216) en: Tercer Simposium CIB/RILEM MÉXICO'89, sobre materiales y tecnología para la construcción de vivienda de bajo costo. México: INFONAVIT.
Castro Orvañanos José y Naaman Antoine E.	1981	2. MORTEROS DE CEMENTO REFORZADOS CON FIBRAS NATURALES . Revista IMCYC, Vol. 19, Num. 122, (pp 61-72). México.
Hammer, T. A.	1987	FIBER REINFORCED MORTAR AND CONCRET. FCB CEMENT AND CONCRET RESEARCH . Norway. Institute Trondheim.
Houben, Hugo; Rigassi, Vicebti, y Gamier, Philippe	1996	SERIE TECNOLOGIES NO. 5, BLOCS DE TERRE COMPRIME, ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION . Bruxelles: CRAterre – EAG. ISBN: 2-906901-12-1
Houben, Hugo, y Dr. Oyejola O.A	1996	SERIE TECNOLOGIES NO. 11, BLOCS DE TERRE COMPRIME, NORMES . Bruxelles: CRAterre – EAG. ISBN: 2-906901-18-0
Houber, Guillaud; Joffroy, Thierry, y Odul Pasca	1995	BLOCS DE TERRE COMPRIME, VOLUME II. MANUEL DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION . Alemania: CRAterre – EAG, ISBN: 3-528-02082-2
INEGI	2001	XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 2000 . México: INEGI.
Swift, D.G. and Smith, R.B. L	1980	3. FIBRE-REINFORCED CONCRET AS AN EARTHQUAKE RESISTANT CONSTRUCTION MATERIAL . International conference on Engineering for Protection from Natural Disaster. Bangkok.



ING E. RAFAEL BENAVIDES OSORIO

TIERRA = SUELO

1.- ANTECEDENTES

En el presente caso nos referimos aquellos materiales que sirven para sustentar las estructuras que los Ingenieros Civiles construimos. Estos materiales a veces forman parte de las mismas estructuras, las cuales también, a fin de cuentas, son sustentadas por ellos mismos.

Desde el punto de vista de la geotecnia, hay dos materiales íntimamente relacionados que cumplen con lo expresado; ellos son las rocas y los suelos. A tal grado están estos materiales relacionados que en determinados casos no se puede distinguir uno de el otro.

En lo que sigue trataremos de establecer esa diferencia.

Desde que la costa superficial de nuestro planeta se solidificó, hace varios miles de millones de años, se formaron lo que se considera las rocas “originales”. La temperatura se vio acompañada por contracciones en la masa de la roca original, las cuales dieron lugar a esfuerzos de tensión y formación de grietas. Se inicio así la acción de uno de los procesos que contribuyen a la transformación de las rocas en suelo, ya que debido a los cambios de temperatura las grietas en las rocas se multiplicaron hasta producirse fragmentos de pequeño tamaño y generarse lo que fueron los primeros depósitos de “suelo”.

Al transcurrir el tiempo continuó el proceso de enfriamiento de la superficie de nuestro planeta; hasta que el vapor de agua, que de tiempo atrás escapaba del interior de la tierra y se integrará a la atmósfera pudo correr sobre ella sin antes evaporarse.

De este modo el agua corrió sobre la topografía original de nuestro planeta hacia las partes bajas, arrastró las partículas previamente separadas de la roca y las depositó al disminuir la velocidad de la corriente. Se dio lugar a los primeros suelos transportados, de origen aluvial.



En esta misma época y probablemente desde antes que el agua, ya actuaba otro tipo de agente transportador de partículas. Este era el viento, el cual pudo desplazarse a grandes velocidades debido a las condiciones que imperaban en aquella época en nuestro planeta.

De acuerdo con lo expresado las rocas originales de nuestro planeta fueron de las clasificadas como ígneas, no obstante los procesos ya descritos dieron lugar a la acumulación de grandes espesores de sedimentos los cuales con el transcurso del tiempo y debido a procesos de cementación, acabaron por transformarse nuevamente en rocas, pero ahora de las llamadas sedimentarias. Con estas rocas empezó nuevamente el ciclo a que hemos hecho referencia, en el cual se advierte que las rocas pasan por un proceso de pérdida de cohesión antes de convertirse en suelo; cohesión que recupera después, para volver a ser roca.

De lo antes dicho se desprende que la diferencia entre suelo y roca radica en el diferente grado de cohesión entre los fragmentos o componentes que forman el conjunto. No obstante, aunque esas propiedades cohesivas pueden ser evaluadas mediante algún tipo de resistencia, no se ha logrado establecer un límite preciso; de manera que se pueda decir que si es mayor de un determinado valor el material es roca y si es menor es suelo.

A pesar de todo, en la generalidad de los casos, sabemos con precisión cuando nos encontramos ante un suelo, que es el material que en este caso nos ocupa.

2.- CLASIFICACION

Una primera clasificación de los suelos se da de acuerdo con los dos siguientes aspectos:

Por su origen Suelos Residuales.- se encuentran sobre la roca de la cual se originan

Transportados.-Los sedimentos se depositan en un lugar diferente que aquel en que se originaron

Por el tamaño de las partículas

Suelos Gruesos o friccionantes

Finos ó cohesivos.



SUELOS RESIDUALES

Características del agente que ataca la roca	Nombre del Agente	Tipo de suelo que se produce	Observaciones
Producen desintegración mecánica	Temperatura Congelación Efectos físicos de plantas y animales	Se producen generalmente suelos "gruesos" Gravas Arenas	Variación Frío –Calor Efecto de cuña al congelarse el agua en las grietas de la roca Efecto de cuña de las raíces.
Producen descomposición química	Oxidación Hidratación Carbonatación Efectos químicos de la vegetación	Los cambios químicos de los minerales producen generalmente suelos cohesivos Arcillas Limos	

Tabla 1



SUELOS TRANSPORTADOS

Agente transportador de partículas	Nombre del Suelo	Sub División	Tipo de Suelo	Observaciones
Hielo	Glaciales		Grava – Arcilla	Puede haber fragmentos de roca.
Viento	Eólicos	Dunas Médanos	Loes y Arena	
Agua	Fluviales	Aluviales	Grava – Arcilla	Según lugar de depósito.
		Lacustres	Arcilla	Puede haber lentes de arena y grava
		Palustres	Orgánicos	Arcilla con materia orgánica; turba
			Grava - Arcilla	Puede haber también fragmentos de roca (Depósitos de piamonte)
Gravedad	Coluviales			

Tabla 2

3.- MINERALES

SUELOS GRUESOS

SILICATO	Feldespatos Micas Olivo Serpentina
OXIDO	Limolita Magnetita Corindon
SULFATO	Anhidrita Yeso
CARBONATOS	Calcita Dolomita

Tabla 3

SUELOS FINOS (ARCILLAS Y LIMOS)

Tipo de Arcilla

- a) Caolinitas. Relativamente estables.
- b) Montimolonitas. Inestables muy expansivas
- c) Illitas. Expansibilidad intermedia

PRINCIPALES ELEMENTOS QUE FORMAN LAS ARCILLAS	ROCAS QUE CONTIENE ESTOS MINERALES
O	RIOLITA GRANITO
Si	TRAQUITO SIENITA
Al	DACITA GRANODIOTA
K	ANDECITA
Fe	BASALTO GRABO
Mg	AUGITA PIROXENA
	LIMBORGITA PERIDETITA

TABLA 4

4.- ESTADOS DE CONSISTENCIA

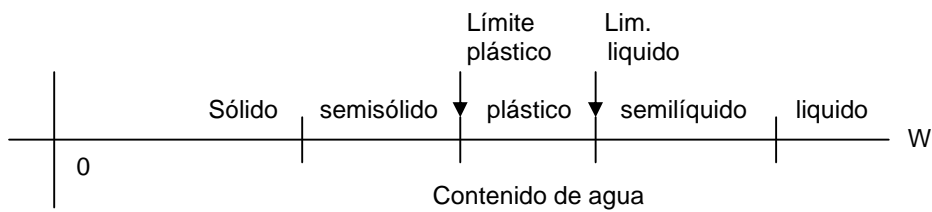
Estado líquido.- Con las propiedades y apariencia de una suspensión

Estado semilíquido.- Con las propiedades de un fluido viscoso.

Estado plástico.- El suelo se comporta plásticamente.

Estado semisólido.- El suelo tiene la apariencia de un sólido pero aun disminuye el volumen al estar sujeto a secado.

Estado sólido.- El volumen no varía con el secado.



Representación gráfica de los estados de consistencia

Figura 1

5.- CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGUN EL SISTEMA UNIFICADO DE CALSIFICACION DE SUELOS (SUCS)

				SIMB. DEL GRUP (*)	NOMBRES TIPICOS					
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4.	(Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm como equivalente a la abertura de la malla No. 4)	GRAVAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.				
			GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación vease grupo ML abajo)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.				
			ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.				
				Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	GC	Gravas arcillosas, arenas con grava, arena y arcilla.				
	ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.						
		Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños intermedios.	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.						
	ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina o nada plástica (Para identificación vease grupo ML abajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.						
		Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	SC	Arena arcillosas, mezclas de arena y arcilla.						
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS	LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido menor de 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Caract. al rompimiento)	DILATANCIA (Reacción al agitado)	TENACIDAD (Consistencia cerca del limite plástico)	Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Limo inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.
						Media a alta	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
Ligera a media						Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
Ligera a media						Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos.	
LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido mayor de 50		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.				
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas inorgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad				
		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa				P _t	Turba y otros suelos altamente orgánicos			
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS										

Tabla 5



				SIMB. DEL GRUP (*)	NOMBRES TIPICOS	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS	GRAVAS Mas de la mitad de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4.	(Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm como equivalente a la abertura de la malla No. 4)	GRAVAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.
			GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación vease grupo ML abajo)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.
			GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
			GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	GC	Gravas arcillosas, arenas con grava, arena y arcilla.
	ARENAS Mas de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	(Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm como equivalente a la abertura de la malla No. 4)	ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.
			ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños intermedios.	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos.
			ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina o nada plástica (Para identificación vease grupo ML abajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
			ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	SC	Arena arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
			ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	SC	Arena arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
			ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina plástica (Para identificación vease grupo CL abajo)	SC	Arena arcillosas, mezclas de arena y arcilla.
SUELOS DE PARTICULAS FINAS*	LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido menor de 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Caract. al rompimiento)	DILATANCIA (Reacción al agitado)	TENACIDAD (Consistencia cerca del limite plástico)		
		Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Limo inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosas ligeramente plásticos.
		Media a alta	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
	LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
		Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos.
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas inorgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa		P _t	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

* Suelo mas adecuado.



6.- COMENTARIOS

Tipo de Suelo

El suelo adecuado para construir elementos estructurales, tal como pudiera ser un muro de carga tendrá que satisfacer requisitos tales como ser de tipo cohesivo pero al mismo tiempo razonablemente estable para las condiciones de humedad con que normalmente se fabrican las piezas que se utilizan para esta finalidad.

La cohesión es una medida de la resistencia al cortante del suelo, la cual esta ligada a la resistencia a la compresión y esta a su vez a la resistencia a la tensión. Estos parámetros son función de la clasificación del suelo pero también del contenido de agua final del elemento de construcción.

La estabilidad volumétrica esta relacionada también con el tipo de suelo, en cuento a su clasificación SUCS así como también al contenido de agua que se utilice para fabricar el elemento.

De lo anterior se deduce que el suelo a utilizar debe ser aquel en que se combinen, para una cierta humedad inicial, una alta resistencia a la compresión y la mayor estabilidad posible para la humedad final.

Resistencia a la compresión.

En una estimación preliminar se considera que para una estructura de dos niveles las cargas unitarias en los muros pueden llegar al orden de las 5.0 ton/m. Para resistir esta fuerza con un muro de 20 cm de ancho se requiere una resistencia a la compresión de 2.5 kg/cm². Esto nos da un parámetro con respecto a la resistencia que como mínimo el material debe tener. La resistencia real deberá ser mayor con el fin de proporcionar un factor de seguridad adecuado. Se considera que este factor de seguridad no debe ser menor de 3 (tres).

Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión de materiales, como el concreto están relacionadas con la resistencia a compresión y se fija comúnmente en el orden del 12.5%. De manera tentativa podría pensarse que esta relación también se cumpla para los suelos que se utilizan en estos casos.

Deformabilidad bajo cargas.

La deformabilidad bajo las cargas de compresión deberá ser de magnitud tal que los acortamientos que sufra el elemento estructural en cuestión sean lo suficientemente pequeños para no afectar los acabados ni que se produzcan agrietamientos.

Expansividad.

El suelo deberá ser tal que si se incrementa su contenido de agua no se produzcan expansiones de tal magnitud que afecten a la construcción en general y que tampoco provoquen una perdida de resistencia excesiva.

Contenido de agua

Como se ve en la grafica de la figura 1 los suelos cohesivos pasan por diferentes estados de consistencia que están relacionados con el contenido de agua. Los mayores valores de la resistencia del suelo, están relacionados con los contenidos de agua bajos los cuales también dan como resultado materiales poco



deformables bajo la acción de las cargas de compresión. No obstante los contenidos de agua bajos también se relacionan con altos valores de expansión al incrementarse el contenido de agua así como con la generación de presiones de expansión también altas si se restringe la deformación.

Se estima que los suelos mas adecuados son aquellos cuyo símbolo según el SUCS es CL, o sea Arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

Los suelos que son una mezcla de arcilla y arena también son adecuados ya que las partículas friccionantes proporcionan una estructura que incrementa la resistencia y disminuye las propiedades de contracción y expansión. El símbolo correspondiente a estos suelo es SC o sea Arcillas Arenosas, o bien Arenas Arcillosas en que el porcentaje de partículas de Arcilla sea relativamente alto.